

# J - IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES POTENTIELS DE DANGERS

## J.1 - MÉTHODE D'ANALYSE UTILISÉE POUR IDENTIFIER ET CARACTÉRISER LES POTENTIELS DE DANGERS

Cette étude s'appuie notamment sur le guide technique de l'INERIS (*Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens* - Mai 2012).

Les objectifs de l'identification des dangers ou potentiels de dangers sont :

- recenser et caractériser les dangers d'une installation,
- localiser les éléments porteurs de dangers sur un schéma d'implantation de l'installation,
- identifier les Événements Redoutés potentiels (ER), étudiés lors de l'Analyse Préliminaire des Risques (APR).

La méthodologie utilisée pour identifier et caractériser les potentiels de dangers repose sur une analyse aussi exhaustive que possible des 4 catégories d'éléments porteurs de dangers, à savoir :

- les produits pouvant être présents à l'intérieur de l'installation,
- les procédés,
- les utilités en cas de perte,
- les événements externes aux procédés, d'origine naturelle et non naturelle.

Cette étude de dangers est réalisée sur la base du modèle d'éolienne retenu, la E 101, de 150 m de haut, de 101 m de diamètre de rotor, et un moyeu à 99 m (voir aussi "B.2.3 - Description détaillée du projet et des éoliennes utilisées", page 14).

## J.2 - POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PRODUITS

La production d'énergie électrique par les éoliennes ne consomme pas de matière première.

Le bon fonctionnement des éoliennes impose toutefois la présence d'huiles de lubrification dans les machines et l'utilisation d'autres produits chimiques lors de la maintenance. On note parmi les principaux éléments chimiques présents (voir le tableau en page suivante) :

- le liquide de refroidissement (eau glycolée),
- les huiles pour le système hydraulique,
- les graisses pour la lubrification des roulements,
- l'huile isolante pour le transformateur.

Notons que les éoliennes Enercon, à entraînement direct, ne requièrent pas d'huiles de lubrification pour une boîte de vitesse.

Les huiles, les graisses et l'eau glycolée ne sont pas des produits inflammables. Les huiles et les graisses sont néanmoins des produits combustibles qui, sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud intense, peuvent développer et entretenir un incendie. Ces produits sont ainsi impliqués dans les incendies d'éoliennes.

Les huiles et graisses, même si elles ne sont pas classées comme dangereuses pour l'environnement, peuvent en cas de déversement au sol ou dans les eaux entraîner une pollution du milieu.

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 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.

Certains de ces produits de maintenance peuvent être inflammables. Cependant, conformément à l'article 16. de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations d'éoliennes soumises à autorisation, aucun produit inflammable ou combustible n'est stocké dans les aérogénérateurs ou les postes de livraison, ils ne sont amenés dans l'éolienne que pour les interventions et le surplus est repris en fin d'opération.

Le tableau de la page suivante synthétise les dangers liés aux produits présents dans les machines à partir de la fiche de données de sécurité<sup>1</sup> de chacun d'entre-eux. Ces dangers dépendent de 3 facteurs :

- la nature du produit lui-même et ses caractéristiques dangereuses (traduites par sa classification au sens de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié),
- la quantité de produit stockée ou utilisée,
- les conditions de stockage ou de mise en œuvre.

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

### • Risque de feu de flaque / feu de nappe

Lorsque de l'huile se répand sur le sol ou sur une surface, il forme une nappe qui s'évapore plus ou moins vite selon les caractéristiques du milieu sur lequel elle s'étend.

Étant donné le point éclair élevé de ces huiles, elles s'enflamment difficilement. Cependant, un feu de nappe ou un feu de flaque ne peut être écarté.

<sup>1</sup> : Ce formulaire contient des données relatives aux propriétés d'une substance chimique. La conception des FDS est régie par le règlement européen REACH1 (n°1907/2006).

*Dangers liés aux produits présents dans les machines*

Produits	Fonction	Quantités maximales stockées ou utilisées	Principaux dangers	Indications particulières	Point éclair (°C)	Code déchet
MOBILGEAR OGL 461 (graisse lubrifiante)	Graissage des roues dentées	faible (non défini précisément)	Irritant (X)	R38 - Irritant pour la peau, Risque de lésions oculaires graves R41 - Incompatibilités : éviter le contact avec les oxydants forts comme le chlore liquide et l'oxygène concentré	> 204 °C	13 02 05
MOBILGEAR SHC 460	Transmission d'orientation	24 litres	-	-	240 °C	13 02 06
	Arbre de renvoi	6 litres				
MOBILITH SHC 460	Graissage du palier d'orientation (à roulements, distributeur automatique de graisse)	faible (non défini précisément)	-	-	204 °C	
MOBILTAC 81	Graissage du palier à roulements	faible (non défini précisément)	-	-	> 204 °C	
RENOLIN PG 220 (lubrifiant)	Frein hydraulique	5 litres	Dangereux pour l'environnement (N)	R52 - Nocif pour les organismes aquatiques R53 - Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique	240 °C	
RENOLIN PG 46						
RENOLIN UNISYN CLP 220 (lubrifiant)	Huile d'engrenage,	15 litres	Dangereux pour l'environnement (N)	R53 - Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique	260 °C	
	Transmissions d'orientation					
	Arbre de renvoi					
Klüberplex BEM 41-141 (Graisse)	Graissage des roues dentées	faible (non défini précisément)	-	-	> 250 °C	12 01 12
	Graissage du palier d'orientation					
	Graissage du palier à roulements (distributeur automatique de graisse)					
Shell Diala D getr (huile isolante)	Transformateur	1800 litres	-	-	145 °C	

Source : Fiches de données de sécurité. 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.

## J.3 - POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PROCÉDÉS

Les tableaux suivants synthétisent les dangers liés aux procédés, tant en conditions nominales que pendant les phases transitoires (mise en service, maintenance...).

Pour rappel, l'étude porte sur les installations durant leur phase d'exploitation (excluant les phases de construction, transport, maintenance lourde...).

### J.3.1 - POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX CONDITIONS D'EXPLOITATION

Les potentiels de dangers liés aux conditions d'exploitation sont identifiés dans le tableau suivant.

Équipement / Installation	Phase opératoire	Principaux phénomènes dangereux associés
Mât : • Tour • Équipements électriques situés dans le mât	Éolienne en fonctionnement Éolienne en phase d'arrêt Éolienne à l'arrêt	Chute du mât Pliage du mât Incendie en pied de mât
Nacelle : • Présence d'huiles et graisses • Équipements électriques et mécaniques	Éolienne en fonctionnement Éolienne en phase d'arrêt Éolienne à l'arrêt	Chute de la nacelle Incendie de la nacelle
Pales / rotor	Éolienne à l'arrêt	Chute de pales / fragments de pale Chute de blocs de glace Incendie au niveau des pales
Pales / rotor	Éolienne en fonctionnement Éolienne en phase d'arrêt	Projection de pales / fragments de pale Projection de blocs de glace Incendie au niveau des pales / projection de débris enflammés
Fondations	Éolienne en fonctionnement Éolienne en phase d'arrêt Éolienne à l'arrêt	Chute du mât
Câbles enterrés	Éolienne en fonctionnement Éolienne en phase d'arrêt Éolienne à l'arrêt	Électrocution
Poste de livraison	Éolienne en fonctionnement Éolienne en phase d'arrêt Éolienne à l'arrêt	Incendie du poste

### J.3.2 - POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PERTES D'UTILITÉS

Les répercussions sur le site des défaillances de servitudes communes sont examinées dans le tableau suivant.

Les scénarios d'accidents associés aux pertes d'utilités sont ensuite décrits au niveau de l'Analyse Préliminaire des Risques.

Utilité	Fonction	Type de défaillance	Événement redouté
Électricité	Alimentation des équipements d'exploitation	Perte totale de l'alimentation électrique	Perte d'exploitation
	Alimentation des équipements de sécurité	Perte totale de l'alimentation électrique	Perte des fonctions de sécurité
Systèmes informatiques	Contrôle des équipements	Perte des systèmes informatiques	Non-fonctionnement d'équipements d'exploitation
			Dysfonctionnements latents d'équipements de sécurité
	Transmission des données	Perte du système SCADA (Supervisory control data and acquisition)	Perte du transfert des informations et défauts

## J.4 - POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX ÉVÉNEMENTS EXTERNES AUX PROCÉDÉS

Potentiel de dangers	Description des dangers
Conditions climatiques exceptionnelles	<p>Température</p> <p>Les températures peuvent altérer, de façon temporaire ou définitive, le fonctionnement du matériel en modifiant les propriétés physiques ou les dimensions des matériaux qui le composent.</p> <p>L'environnement est généralement soumis à des cycles de température. Ils accroissent souvent les effets des variations de température et peuvent conduire à une fatigue mécanique précoce. L'application rapide de contraintes, de chocs thermiques, risque de rendre cassants certains matériaux et de provoquer une rupture pour une contrainte de fatigue nettement inférieure à celle qui serait nécessaire dans les conditions stables.</p> <p>Les défauts de fonctionnement, le plus fréquemment, rencontrés sur les installations sont les dysfonctionnements de composants électroniques dus à des décompositions et des ruptures de diélectriques, provoquées par de trop hautes températures.</p> <p>La combinaison de températures froides avec un taux d'humidité élevé peut conduire à la formation de glaces sur les pales des éoliennes. Dans ces conditions climatiques extrêmes ("icing conditions"), des gouttes d'eau surfondues heurtent les pales froides et gèlent. Des blocs de glace peuvent alors se former sur les pales de l'éolienne et être projetés sous l'effet du vent ou de la rotation des pales.</p>
	<p>Pluie</p> <p>Les précipitations sont l'une des sources d'humidité qui constituent un facteur essentiel dans la plupart des types de corrosion. L'impact des gouttes de pluie risque d'engendrer une érosion de nombreux matériaux et de revêtements de protection.</p> <p>À l'extérieur, les pales du rotor sont protégées des intempéries par un revêtement de surface. Ce revêtement à base de polyuréthane est robuste et très résistant.</p> <p>De fortes précipitations peuvent conduire à une inondation ayant pour conséquence la dégradation des installations et une éventuelle chute du mât des éoliennes. Ce risque est limité dans le secteur.</p>
	<p>Neige et glace</p> <p>La neige est une précipitation de cristaux de glace. Son accumulation sur des surfaces horizontales occasionne des charges importantes. Les défauts les plus souvent rencontrés sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• rupture des structures, due à une charge trop importante,</li> <li>• courts-circuits par dépôts de neige,</li> <li>• perte de visibilité des pales.</li> </ul> <p>Par les surcharges qu'il apporte aux toitures, l'enneigement peut provoquer leur effondrement si elles ne sont pas suffisamment dimensionnées.</p> <p>En raison de la forme aérodynamique de la nacelle, le risque d'accumulation de neige est limité.</p> <p>Risque d'accumulation de neige sur les pales.</p>

Potentiel de dangers	Description des dangers
Conditions climatiques exceptionnelles	<p>Vents violents</p> <p>Les vents violents peuvent être la cause de détériorations de structures, de chute / pliage de mât, de survitesse des pales et de projection de pales.</p> <p>Les vents violents sont pris en compte dans le dimensionnement des éoliennes. Les cas de charge sont décrits dans la norme IEC 61400. Cette dernière intitulée "Exigence pour la conception des aérogénérateurs" fixe les prescriptions propres à fournir "un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie" de l'éolienne.</p>
	<p>Foudre</p> <p>La foudre est un phénomène électrique de très courte durée, véhiculant des courants de forte intensité, 20 kA en moyenne avec des maxima de l'ordre de 100 kA, se propageant avec des fronts de montée extrêmement raides entre deux masses nuageuses ou entre une masse nuageuse et le sol.</p> <p>Les dangers liés à la foudre sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les effets thermiques pouvant être à l'origine : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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,</li> <li>- de dommages aux structures et construction,</li> </ul> </li> <li>• les perturbations électromagnétiques qui entraînent la formation de courants induits pouvant endommager les équipements électroniques, en particulier les équipements de contrôle commande et / ou de sécurité,</li> <li>• les effets électriques pouvant induire des différences de potentiel.</li> </ul> <p>Par leur taille, les éoliennes sont particulièrement vulnérables au risque foudre. L'éolienne est équipée d'un système parafoudre fiable afin d'éviter que l'éolienne ne subisse de dégâts. Les éoliennes doivent également répondre aux exigences de l'arrêté du 15 janvier 2008 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Article 1, deuxième alinéa : "En outre, les dispositions du présent arrêté peuvent être rendues applicables par le préfet aux installations classées soumises à autorisation non visées par l'annexe du présent arrêté dès lors qu'une agression par la foudre sur certaines installations classées pourrait être à l'origine d'événements susceptibles de porter atteinte, directement ou indirectement, aux intérêts visés à l'article L.511-1 du Code de l'Environnement."</li> <li>• L'article 3 de cet arrêté précise que la définition des mesures de prévention et des dispositifs de protection doit être réalisée dans une étude technique, distincte de l'Analyse du Risque Foudre, qui définira également les modalités de leur vérification et de leur maintenance.</li> </ul> <p>Le secteur étudié présente une exposition faible au risque foudre avec une densité de foudroiement de l'ordre de 0,5 impact par an par km<sup>2</sup>.</p>

Potentiel de dangers		Description des dangers
Mouvements de terrain	Séisme	<p>Les séismes sont caractérisés par deux grandeurs : la magnitude et l'intensité :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La magnitude est une mesure de la puissance du séisme (échelle de Richter) : l'énergie est multipliée par 30 quand la magnitude croît de 1.</li> <li>• L'intensité macrosismique permet de caractériser les effets destructeurs observés des séismes. C'est une quantité empirique, basée sur des observations. C'est la seule quantité qui puisse être utilisée pour décrire l'importance des séismes historiques qui ont eu lieu avant l'ère instrumentale, c'est-à-dire avant les premiers réseaux d'observation sismologique du début du siècle.</li> </ul> <p>La prévention du risque sismique est notamment régie par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• le Code de l'Environnement, au travers des articles R563-1 à R563-8 relatifs à la prévention du risque sismique,</li> <li>• l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite "à risque normal",</li> <li>• le décret n°2010-1255 du 22/10/10 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français</li> <li>• le décret n°2010-1254 du 22/10/10 relatif à la prévention du risque sismique</li> <li>• la circulaire n°2000-77 du 31/10/00 relative au contrôle technique des constructions pour la prévention du risque sismique</li> <li>• l'arrêté du 10 mai 1993 fixant les règles parasismiques applicables aux installations soumises à la législation sur les installations classées</li> <li>• la circulaire DPPR/SEI du 27 mai 1994 relative à l'arrêté du 10 mai 1993 fixant les règles parasismiques applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement.</li> </ul> <p>Les articles R563-1 à 8 et D563-8-1 du Code de l'Environnement définissent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• le risque "normal",</li> <li>• le risque "spécial",</li> <li>• les Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles,</li> </ul> <p>Pour l'application des mesures de prévention du risque sismique aux bâtiments, équipements et installations de la classe dite "à risque normal", le territoire national est divisé en cinq zones de sismicité croissante :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de sismicité 1 (très faible),</li> <li>• Zone de sismicité 2 (faible),</li> <li>• Zone de sismicité 3 (modérée),</li> <li>• Zone de sismicité 4 (moyenne),</li> <li>• Zone de sismicité 5 (forte).</li> </ul> <p>Rappelons que le projet est localisé dans une zone de sismicité 3. L'application des règles constructives Eurocode 8 y est obligatoire pour le poste de livraison.</p> <p>En outre, la présence d'une grande partie de la masse en haut de la tour rend les éoliennes particulièrement vulnérables aux séismes. Un séisme pourrait conduire à la chute du mât. Les éoliennes doivent être dimensionnées conformément à la réglementation française en vigueur.</p>

Potentiel de dangers		Description des dangers
Mouvements de terrain	Mouvement de terrain hors séisme	<p>Un mouvement de terrain pourrait être à l'origine d'une chute d'éolienne.</p> <p>Le risque de mouvement de terrain hors séisme doit faire l'objet d'une étude géotechnique. Son but est de garantir un bon dimensionnement des installations en fonction de la géologie du site d'implantation, ceci afin d'écartier le risque de mouvement de terrain hors séisme.</p>
Proximité de la mer <i>le projet est situé à plus de 130 km de la mer</i>	Atmosphère saline	<p>L'atmosphère en bordure de mer peut conduire à une détérioration accélérée d'équipements ou d'ouvrages à cause des phénomènes de corrosion, accentués par le taux de salinité de l'air qui est souvent plus élevé qu'à l'intérieur des terres.</p> <p>Cette source de dangers est prise en compte dans la conception des éoliennes, principalement par un choix de matériaux adaptés à l'environnement dans lequel ils se trouveront.</p>
	Marées, vagues	<p>Des marées ou des vagues de forte amplitude génèrent un risque de submersion des installations. Les dangers liés à ces événements de nature exceptionnelle sont l'endommagement des installations et la chute d'éolienne.</p>
	Tsunami	<p>Un tsunami est une onde provoquée par un mouvement rapide d'un grand volume d'eau. Ce mouvement est en général dû à un séisme, une éruption volcanique sous-marine de type explosive ou bien un glissement sous-marin de grande ampleur.</p> <p>L'onde générée se propage ensuite : ce phénomène ondulatoire est caractérisé par une grande longueur d'onde (plusieurs centaines de kilomètres) et une grande période (de l'ordre de plusieurs dizaines de minutes). L'onde associée au tsunami est en général à peine perceptible en haute-mer en raison de sa faible amplitude (généralement inférieure à 1 m). En revanche, lorsque l'onde parvient à des zones de hauts fonds, son amplitude augmente : les vagues résultantes peuvent ainsi atteindre plusieurs mètres et pénétrer à l'intérieur des terres.</p> <p>La partie du littoral français principalement concernée par le risque de tsunamis est la côte méditerranéenne : l'activité tectonique méditerranéenne est en effet la plus susceptible de générer des tsunamis. D'ailleurs, les études menées par les autorités françaises sur le risque de tsunamis concernent essentiellement ce littoral méditerranéen.</p>
Incendie de végétation		<p>Un incendie de la végétation présente dans le site et aux alentours serait susceptible de se propager aux installations. Rappelons que les éoliennes sont situées dans les champs, où le risque d'incendie est faible.</p>

Potentiel de dangers	Description des dangers
Dangers externes d'origine non naturelle	<p>Activités industrielles voisines</p> <p>Un accident sur les installations industrielles voisines (incendie, explosion, projection) pourrait être à l'origine de dégradations des éoliennes.</p> <p>Des projections ou des surpressions peuvent impacter une éolienne et causer des dégradations majeures (chute du mât, rupture de pales ou de fragments de pales). Des effets thermiques peuvent également endommager significativement les installations.</p> <p>Hormis des éoliennes autorisées non encore construites, on trouve une ICPE installation classée (ICPE) soumise à autorisation ou enregistrement à moins de 2 km du projet, un établissement assurant l'incinération de cadavres d'animaux.</p>
	<p>Activités humaines</p> <p>Parachute, parapente,... Un choc sur les pales des éoliennes pourrait causer un endommagement de ces dernières.</p>
	<p>Réseau de canalisations de gaz / autres produits</p> <p>Un accident sur les canalisations de transport de fluides inflammables peut conduire à des phénomènes dangereux de type explosion, incendie (feu torche, feu de nappe). Par effet domino, les éoliennes peuvent être significativement endommagées.</p> <p>Notons essentiellement que le parc éolien du projet est traversé par une canalisation de transport de gaz.</p>
	<p>Voies de communication : voies ferroviaires, routières et transport maritime</p> <p>Un accident routier / ferroviaire / maritime peut aggraver les installations en raison d'un impact ou choc de véhicule sur le mât d'une éolienne et d'un accident sur des camions / wagons de matières dangereuses (incendie, explosion,...).</p> <p>Les axes routiers proches des éoliennes du projet sont peu fréquentés.</p> <p>Transport aérien : Sous réserve que les éoliennes soient implantées à une distance supérieure à 2 km des aérodromes, le site n'est pas considéré comme se trouvant dans la zone de proximité d'un aérodrome, selon la lettre au Préfet de la Sarthe du 5 février 2007 (relative à la prise en compte de l'événement initiateur "chute d'avion" dans les Études de Dangers et dans la Maîtrise de l'Urbanisation et définition de la zone de proximité d'un aéroport).</p> <p>Par conséquent, selon l'Annexe IV de l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs, l'événement initiateur "chute d'aéronef" n'a pas à être pris en compte dans l'analyse des risques.</p>

Potentiel de dangers	Description des dangers
Dangers externes d'origine naturelle	<p>Réseau électrique</p> <p>Une perte du réseau électrique est étudiée au chapitre "J.7 - Analyse préliminaire des risques", page 328.</p>
	<p>Malveillance</p> <p>Les installations peuvent faire l'objet de tentatives éventuelles d'intrusions ou d'actes de malveillance : vols (cuivre), sabotage, etc., pouvant provoquer des incidents mineurs sur les installations (porte dégradée,...) et des risques d'électrocution.</p> <p>Conformément à l'Annexe IV de l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs, les actes de malveillance ne sont pas considérées comme événements initiateurs potentiels dans l'analyse des risques présentée au chapitre "J.7 - Analyse préliminaire des risques".</p>
Maintenance et extension du parc éolien	<p>Les activités d'extension du parc éolien ou de maintenance lourde peuvent être à l'origine de dommages sur les installations existantes en raison notamment de la présence de grues et de véhicules de maintenance.</p> <p>Ces activités sont considérées comme des événements initiateurs potentiels dans l'analyse des risques présentée au chapitre "J.7 - Analyse préliminaire des risques".</p>

## J.5 - RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS

L'étude de la réduction des potentiels de dangers vise à analyser les possibilités de :

- Suppression des procédés et des produits dangereux, c'est-à-dire des éléments porteurs de dangers,
- Remplacement de ceux-ci par des procédés et des produits présentant un danger moindre,
- Réduction des quantités de produits dangereux mises en œuvre sur le site.

### **J.5.1 - RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS PAR LE CHOIX D'IMPLANTATION**

Lors du choix de l'emplacement des éoliennes, plusieurs enjeux ont été pris en compte afin de limiter les risques :

- respect d'une distance minimale de 500 m par rapport aux zones urbanisées et urbanisables,
- éloignement de plus de 150 m des routes départementales,
- éloignement de plus de 1800 m des canalisations de gaz,
- éloignement de plus de 1500 m des lignes électriques haute tension.

### **J.5.2 - SUPPRESSION ET RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PRODUITS**

Les produits présents dans l'éolienne ne peuvent pas être supprimés car ils sont nécessaires au bon fonctionnement du procédé (lubrification). De plus, ils ne présentent pas de caractère dangereux marqué et les quantités mises en œuvre sont adaptées aux volumes des équipements. Les produits de maintenance (peinture, mastic...) signalés comme "dangereux" sont utilisés beaucoup plus ponctuellement que les graisses et huiles, ils ne peuvent pas non plus être éliminés.

Les éoliennes sont équipées de nombreux détecteurs de niveau d'huile (système hydraulique, générateur...) permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.

Les éoliennes Enercon ne possèdent pas de système d'engrenage principal : le rotor est directement couplé à un générateur annulaire. La vitesse de rotation n'a pas besoin d'être échelonnée. Par conséquent, la quantité d'huile d'engrenage habituellement disponible sur les éoliennes classiques (> 200 litres) n'est pas nécessaire.

En cas de fuite, les véhicules de maintenance sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent :

- 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, le maintenancier se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates.

Il n'existe pas à ce jour de Meilleures Techniques Disponibles (MTD) publiées pour les éoliennes, en revanche une norme internationale existe, CEI 61400-1. Ces prescriptions concernent la conception, la fabrication, l'installation et la maintenance de l'éolienne. Elles sont prises en compte par les constructeurs pour leurs éoliennes.

## J.6 - ANALYSE DE L'ACCIDENTOLOGIE

Jusqu'à une période récente, il n'existait 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...). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détail de l'information. Ces données bibliographiques sont aujourd'hui complétées par la consultation du BARPI.

Précisons que l'objectif de l'analyse de l'accidentologie n'est pas de dresser une liste exhaustive de tous les accidents ou incidents survenus, ni d'en tirer des données statistiques. Il s'agit, avant tout, de rechercher les types de sinistres les plus fréquents, leurs causes et leurs effets, ainsi que les mesures prises pour limiter leur occurrence ou leurs conséquences.

### J.6.1 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

#### J.6.1.1 - Bases de données consultées

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer le recensement des accidents et incidents au niveau français (INERIS - *Guide pour l'élaboration de l'étude de dangers des parcs éoliens*). Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de la presse locale ou de base 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<sup>1</sup>,
- Communiqués de presse du SER-FEE et / ou des exploitants éoliens,
- Site Internet de l'association "Vent de Colère",
- Site Internet de l'association "Fédération Environnement Durable",
- Articles de presse divers,
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

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

Le groupe de travail composé du Syndicat des énergies renouvelables et de l'INERIS a élaboré une base de données qui apparaît aujourd'hui 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.

<sup>1</sup> : La base ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles – Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire) recense et analyse les accidents et incidents, survenus en France, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1992 (date de création du BARPI). Les événements les plus graves qui ont pu se produire avant 1992 sont également répertoriés (6 % des accidents français ou étrangers recensés dans ARIA sont antérieurs à 1988).

### J.6.1.2 - Inventaire

Sur la période 2000 - début 2012, un total de 40 incidents ont été recensés par l'Ineris en France. À ce recensement, nous avons ajouté les derniers événements connus jusqu'en 2016 (tableau en page suivante). Il en ressort que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques.

Le graphique suivant (Figure 106) montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs.

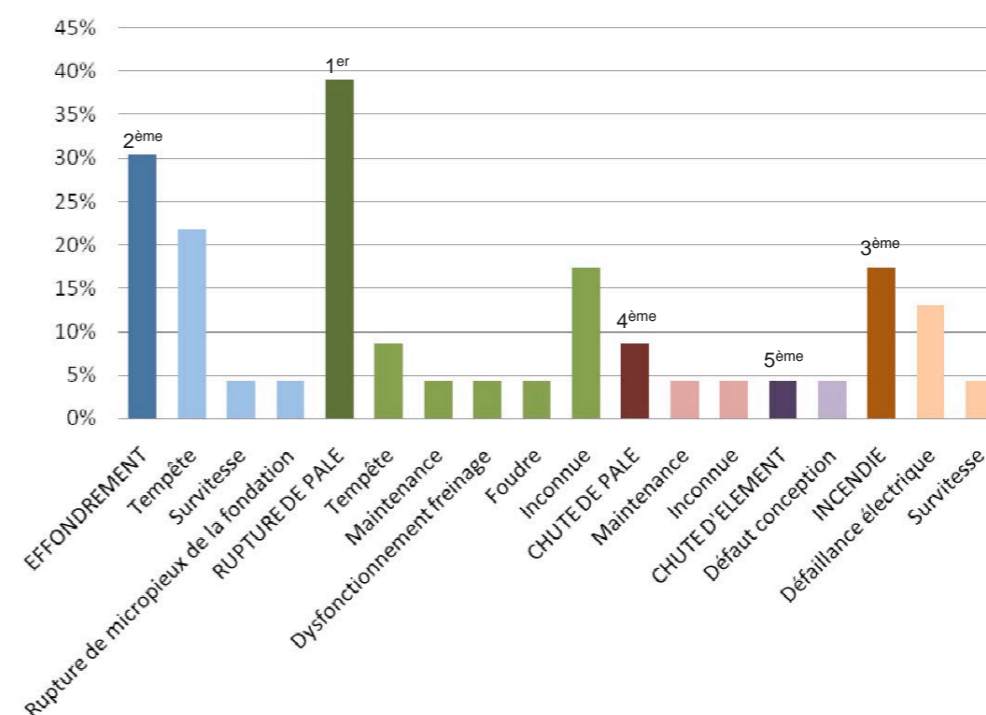


Figure 106 : Répartition des événements accidentels (en majuscule et couleur foncées) et de leurs causes premières (en minuscule et couleur claires) sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont :

- 1. les ruptures (projection) de pale,
- 2. les effondrements,
- 3. les incendies,
- 4. les chutes de pale,
- 5. les chutes des autres éléments de l'éolienne.

Les tempêtes sont la principale cause de ces accidents. Le détail des événements répertoriés est présenté dans le tableau ci-après.



Date et lieu	Référence	Détail de l'accident	Projection / chute de pales	Chute / pliage du mât	Chute nacelle / rotor	Incendie	Projection de glace	Dégât sur les pales	Autre	Cause(s)
11/2000 11 - PORT LA NOUVELLE	SER - FEE	Le mât d'une éolienne (Vestas V39) mise en service en 1993 s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête).		X						Tempête avec foudre répétée.
2001 11 - SALLELES-LIMOUSIS	SER - FEE	Bris de pales en bois (avec inserts) d'une éolienne (Windmaster WM43/750) installée en 1998.	X							Non connues.
01/02/2002 59 - WORMHOUT	SER - FEE	Bris d'hélice et mât plié (Turbowinds T400-34, mise en service en 1997).	X	X						Tempête.
01/07/2002 11 - PORT LA NOUVELLE	SER - FEE	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien sur un parc (éolienne : Gamesa G47) datant de 2000 (ne concerne pas directement l'étude de dangers).							X	Lors de mesures pour caractériser la partie haute d'un transformateur 690 V / 20 kV en tension, le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46 m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.
28/12/2002 11 - NEVIAN GRANDE GARRIGUE	SER - FEE	Effondrement d'une éolienne (2002) suite au dysfonctionnement du système de freinage.		X						Tempête + dysfonctionnement du système de freinage.
25/02/2002 11 - SALLELES-LIMOUSIS	SER - FEE	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale (Windmaster WM43/750) montée en 1998.	X							Tempête.
05/11/2003 11 - SALLELES-LIMOUSIS	SER - FEE	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes (Windmaster WM43/750). Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	X							Dysfonctionnement du système de freinage.
01/01/2004 62 - LE PORTEL	BARPI N°26119	Une éolienne haute de 60 m, inaugurée en mai 2002, se brise durant la nuit en entraînant la chute de sa génératrice et des pales du rotor. Les pales de 25 m sont retrouvées sur la plage.	X	X	X					Défaut de serrage des boulons servant à relier 2 tronçons du mât (défaillance d'entretien) et tempête.
20/03/2004 59 - DUNKERQUE	BARPI N°29388	Le vent abat une des 9 éoliennes en service depuis 1996 (Windmaster 300 kW) suite à l'arrachement de la fondation.		X						Rupture de 3 des 4 micro-pieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10).
22/06/2004 et 08/07/2004 29 - PLEYBER CHRIST Site du Télégraphe	SER - FEE	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact (Windmaster WM28/300, mise en service en 2001).	X							Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage).
2004 11 - ESCALES CONILHAC	SER - FEE	Bris de trois pales d'une éolienne (Jeumont J48/750) montée en 2003.	X							Non connues.
22/12/2004 26 - MONTJOYER	BARPI N°29385	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne de 750 kW (Jeumont J48/750) mise en service en 2004 (survitesse de plus de 60 tr/min).	X			X				Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du dispositif de freinage.
2005 59 - WORMHOUT	SER - FEE	Bris de pale (Turbowinds T400-34, mise en service en 1997).	X							Non connues.

Date et lieu	Référence	Détail de l'accident	Projection / chute de pales	Chute / pliage du mât	Chute nacelle / rotor	Incendie	Projection de glace	Dégât sur les pales	Autre	Cause(s)
08/10/2006 29 - PLEYBER CHRIST Site du Télégraphe	SER - FEE	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes d'une éolienne (Windmaster WM28/300) datant de 2004.	X							Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de retour d'expérience suite aux précédents accidents sur le même parc.
18/11/2006 11 - ROQUETAILLADE	SER - FEE	Acte de malveillance : explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes (Gamesa G47). L'une d'entre elles a mis le feu en pied de mât qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.				X				Acte de malveillance / incendie criminel.
03/12/2006 59 - BONDUES	SER - FEE	Sectionnement du mât, puis effondrement d'une éolienne installée en 2005 dans une zone industrielle (Lagerwey LW80-18)		X						Tempête (vents mesurés à 137 km/h).
31/12/2006 43 - ALLY	SER - FEE	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors d'éoliennes mises en service en 2005.	X							Accident faisant suite à une opération de maintenance.
03/2007 50 - CLITOURPS	SER - FEE	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à plus de 200 m de distance dans un champ (Vestas V47/660, mise en service en 2005).	X							Non connues.
11/10/2007 29- PLOUVIEN	SER - FEE	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre) d'une éolienne (Siemens SWT 1.3) montée en 2007.			X					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.
10/03/2008 29 - DINEAULT	BARPI N°34340	Une éolienne (Windmaster WM28/300) installée en 2002 devient incontrôlable. Un arrêté est pris par la municipalité pour établir un large périmètre de sécurité autour de l'installation et interdire les accès piéton et la circulation. L'une des pales de 12,5 m de long a commencé à se plier, risquant de frotter contre le mât.						X		Endommagement du dispositif d'arrêt automatique des pales suite à des coupures de courant dues à des vents de tempête.
04/2008 29 - PLOUGUIN	SER - FEE	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessan-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 (Enercon E66/2000) pour inspection.						X		Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000 mètres imposé pour le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse).
19/07/2008 55 - ERIZE LA BRULEE	SER - FEE	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre (Gamesa G90, installée en 2007).	X							Foudre + défaut de pale.
28/08/2008 80 - VAUVILLERS	SER - FEE	Incendie de la nacelle d'une éolienne (Vestas V80/2000) montée en 2006.				X				Problème au niveau d'éléments électroniques.
26/12/2008 55 - RAIVAL	SER - FEE	Chute de pale (Gamesa G90, mise en service en 2007).	X							Non connues.
26/01/2009 02 - CLASTRES	BARPI N°35814	Deux techniciens sont électrisés et gravement brûlés lors de la maintenance de compteurs électriques implantés au 1 <sup>er</sup> niveau d'une éolienne (Neg-Micon NM92). Les 2 employés portaient leur harnais de sécurité et les compteurs étaient accessibles par un escalier extérieur (ne concerne pas directement l'étude de dangers).							X	Accident électrique (explosion d'un convertisseur).
08/06/2009 84 - BOLLENE	SER - FEE	Bout de pale, d'une éolienne mise en service en 2009, ouvert.						X		Coup de foudre sur la pale.

Date et lieu	Référence	Détail de l'accident	Projection / chute de pales	Chute / pliage du mât	Chute nacelle / rotor	Incendie	Projection de glace	Dégât sur les pales	Autre	Cause(s)
21/10/2009 85 - FROIDFOND	SER - FEE	Incendie de la nacelle d'une éolienne (Gamesa G80/2000) installée en 2006.				X				Probablement un court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle.
30/10/2009 07 - FREYSSENET	BARPI N°37601	Feu au sommet du rotor d'une éolienne (Vestas V80/2000) de 70 m de haut, mise en service en 2005. Le matériel, en fibre de carbone et de verre, fond sous l'effet de la chaleur en dégageant de la fumée et en générant des nuisances olfactives perceptibles de loin. Risque de détachement des pales : le lieu est sécurisé et la circulation interrompue sur la route proche pendant une semaine. Le réseau électrique des 7 éoliennes du parc est coupé, empêchant le fonctionnement des signaux lumineux préventifs pour les aéronefs.				X				Probablement un court-circuit faisant suite à une opération de maintenance.
20/04/2010 59 - TOUFFLERS	Voix du Nord, 20/04/10	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance (ne concerne pas directement l'étude de dangers).							X	Crise cardiaque.
30/05/2010 11 - PORT LA NOUVELLE	SER - FEE	Effondrement d'une éolienne (Vestas V25) installée en 1991.		X						Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.
19/09/2010 26 - MONTJOYER	SER - FEE	Emballement de deux éoliennes (Jeumont J48/750) mises en service en 2004 et incendie des nacelles.				X				Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse d'environ 60 tours par minute.
15/12/2010 44 - POUILLE-LES-COTEAUX	SER - FEE	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. Il a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture et blessure grave (ne concerne pas directement l'étude de dangers).							X	Non connues.
31/05/2011 71 - MESVRES	Article de presse (Le Bien Public, 01/06/11)	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, sur un passage à niveau. Aucun blessé n'est à déplorer (ne concerne pas directement l'étude de dangers).							X	
14/12/2011 FRANCE	Interne exploitant	Pale endommagée par la foudre sur une éolienne mise en service en 2003. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	X							Foudre.
03/01/2012 FRANCE	Interne exploitant	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.				X				Malveillance.
05/01/2012 62 - WIDEHEM	Article de presse (Voix du Nord, 06/01/12)	Des fragments et bris de pale d'une éolienne, mise en service en 2000, ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel en dehors de l'éolienne.	X							Tempête et panne électrique.

Date et lieu	Référence	Détail de l'accident	Projection / chute de pales	Chute / pliage du mât	Chute nacelle / rotor	Incendie	Projection de glace	Dégât sur les pales	Autre	Cause(s)
06/02/2012 02 - LEHAUCOURT	BARPI N°41628	Au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains). Les deux victimes descendent par leurs propres moyens. Les pompiers hospitalisent l'employé le plus gravement atteint et s'assurent qu'il n'y a plus de risque dans la nacelle. Les victimes portaient leurs EPI lors des faits. Un accident similaire s'était produit en 2009 - ARIA N°35814.							X	
11/04/2012 11 - SIGEAN	BARPI N°43841	Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place et l'éolienne est mise en sécurité (pales en drapeau). Au moment de l'accident, la vitesse du vent était de 10 à 12 m/s. L'expertise d'assurance attribue l'accident à un impact de foudre sur l'éolienne. Un an plus tard, celle-ci est toujours arrêtée.	X							
18/05/2012 28 - FRESNAY-L'ÉVÊQUE	BARPI N°42919	Oscillation anormale d'un aérogénérateur de 2 MW installé en 2008, provoquant sa mise à l'arrêt. Une pale (9 tonnes, 46 m) est retrouvée au pied de l'installation (rupture du roulement qui raccordait la pale au hub).	X							Corrosion résultant des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement
30/05/2012 11 - PORT LA NOUVELLE	BARPI N°43110	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. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits.		X						Rafales de vent à 130 km/h
01/11/2012 15 - VIEILLESPESE	BARPI N°43120	Un élément de 400g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs de 2,5 MW mis en service en 2011.	X							
05/11/2012 11 - SIGEAN	BARPI N°43228	Feu sur une éolienne de 660 kW, déclaré en partie basse (transformateur ou armoire basse tension) et propagé à la nacelle via les câbles électriques. Des projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante. 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.				X				Dysfonctionnement transformateur ou armoire basse tension Mauvaise tenue au feu des câbles
06/03/2013 11 - CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE	BARPI N°43576	À la suite d'un défaut de vibration, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Une pale qui a percuté le mât est retrouvée au sol.	X							Défaut de fixation
17/03/2013 51 - EUVY	BARPI N°43630	Feu dans la nacelle d'une éolienne. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols. Au moment du départ de feu, le vent soufflait à 11 m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale.	X			X			X	Possible défaillance électrique

Date et lieu	Référence	Détail de l'accident	Projection / chute de pales	Chute / pliage du mât	Chute nacelle / rotor	Incendie	Projection de glace	Dégât sur les pales	Autre	Cause(s)
01/07/2013 34 - CAMBON-ET-SALVERGUE	BARPI N°44150	Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement. La survenue de l'accident malgré un dispositif d'alerte amène l'exploitant à repenser la procédure d'alimentation de l'accumulateur de gaz dans la configuration exigüe de la nacelle d'éolienne.							X	
03/08/2013 56 - MOREAC	BARPI N°44197	Fuite de 270 l d'huile hydraulique lors d'une intervention de maintenance 80 m² de sol pollué, 25 t de terres sont excavées.							X	Fuite
09/01/2014 08 - ANTHENY	SDIS Ardennes	Feu dans la nacelle d'une éolienne du parc de 5 machines. Mise en place d'un périmètre de 300 m autour du sinistre, mise en sécurité de la machine par les responsables du site. Les éoliennes (NORDEX N100 - 2,5 MW) avaient été installées en août 2013.				X				
20/02/2014 11 - SIGEAN	BARPI N°44870	Chute d'une pale de 20 m. Un périmètre de sécurité de 100 m est établi autour de l'éolienne. Les autres machines du parc sont inspectées puis redémarrées. La pale endommagée sera remplacée.	X							
14/11/2014 07 - SAINT-CIRGUES-EN-MONTAGNE	BARPI N°45960	Chute d'une pale et projection de débris à 150 m lors d'un orage avec des rafales de vent atteignant les 130 km/h.	X							Orage
05/12/2014 11 - FITOU	BARPI N°46030	Chute à 80 m d'une extrémité de 3 mètres d'une pale. Incident probablement dû à une défaillance matérielle ou à un décollement sur les plaques en fibre de verre.						X		Défaillance matérielle
29/01/2015 02 - REMIGNY	BARPI N°46304	Feu dans une éolienne en phase de test. Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre.				X				Défaillance matérielle
06/02/2015 79 - LUSSERAY	BARPI N°46237	Feu 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.				X				
24/08/2015 28 - SANTILLY	BARPI N°47062	Feu 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.				X				
10/11/2015 55 - MÉNIL-LA-HORGNE	BARPI N°47377	Chute du rotor d'une éolienne (Senvion MD 77, en service depuis 2007), écrasant le transformateur. Causes inconnues.	X		X					
08/02/2016 29 - DNEAULT	BARPI N°47680	Une éolienne installées en juin 1999 perd deux pales lors d'une tempête. Une des pales s'est retrouvée en lambeaux avec des projections sur plusieurs dizaines de mètres.	X							Tempête
07/03/2016 22 - CALANHEL	BARPI N°47763	La pale d'une éolienne d'un parc de 11 machines se détache et s'écrase au sol.	X							Défaillance matérielle
28/05/2016 80 - HESCAMPS	BARPI N°48426	Incendie dans un rotor				X				Probable défaillance électrique
18/01/2017 80 - NURLU	Presse	Chute d'un fragment de pale (machine Gamesa G90/2000)	X							En cours d'étude

## J.6.2 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS À L'INTERNATIONAL

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010. La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF).

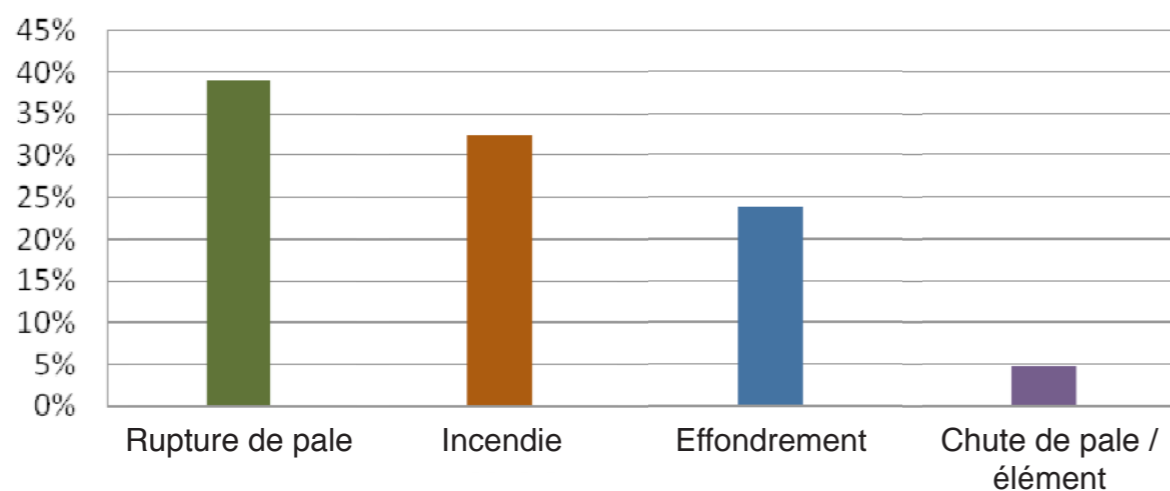
Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents (...) ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

Les graphiques suivants (source : INERIS) montrent d'une part la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés et d'autre part les causes des trois principaux événements accidentels, à savoir l'effondrement, la rupture de pale et l'incendie.

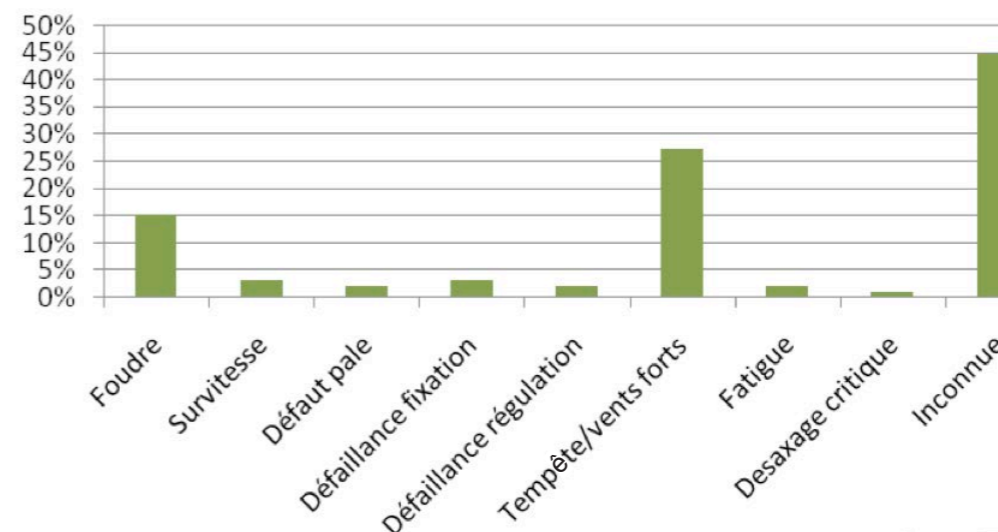
Le constat est assez semblable à l'échelle française et internationale. La rupture de pale est l'événement accidentel le plus répandu. L'incendie est le deuxième événement accidentel tandis que l'effondrement est le troisième (inversion par rapport à la France).

Concernant les causes, ce retour d'expérience montre l'importance des causes "tempêtes et vents forts" dans les accidents. Il souligne également le rôle de la foudre.

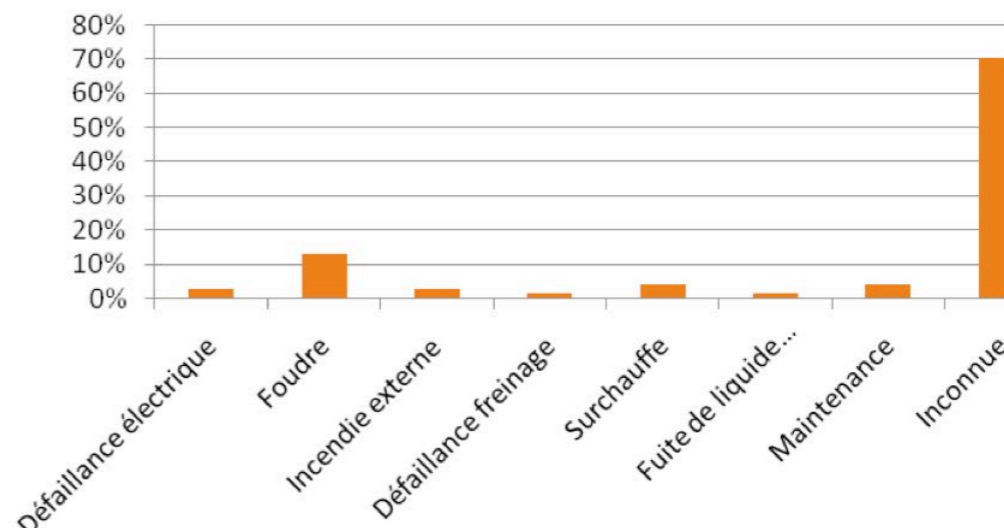
Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011



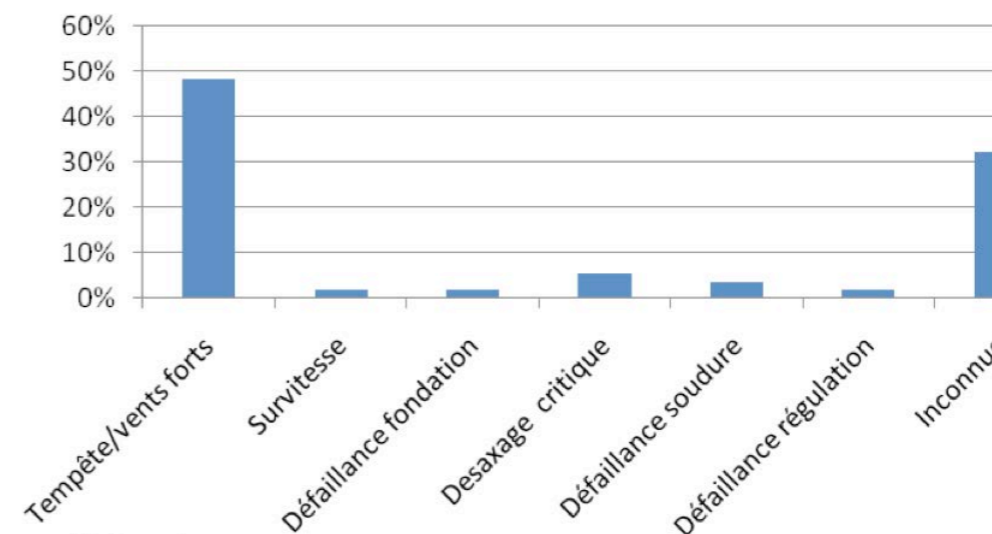
Répartition des causes premières de rupture de pale



Répartition des causes premières d'incendie



Répartition des causes premières d'effondrement



## J.6.3 - SYNTHÈSES DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

### J.6.3.1 - Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

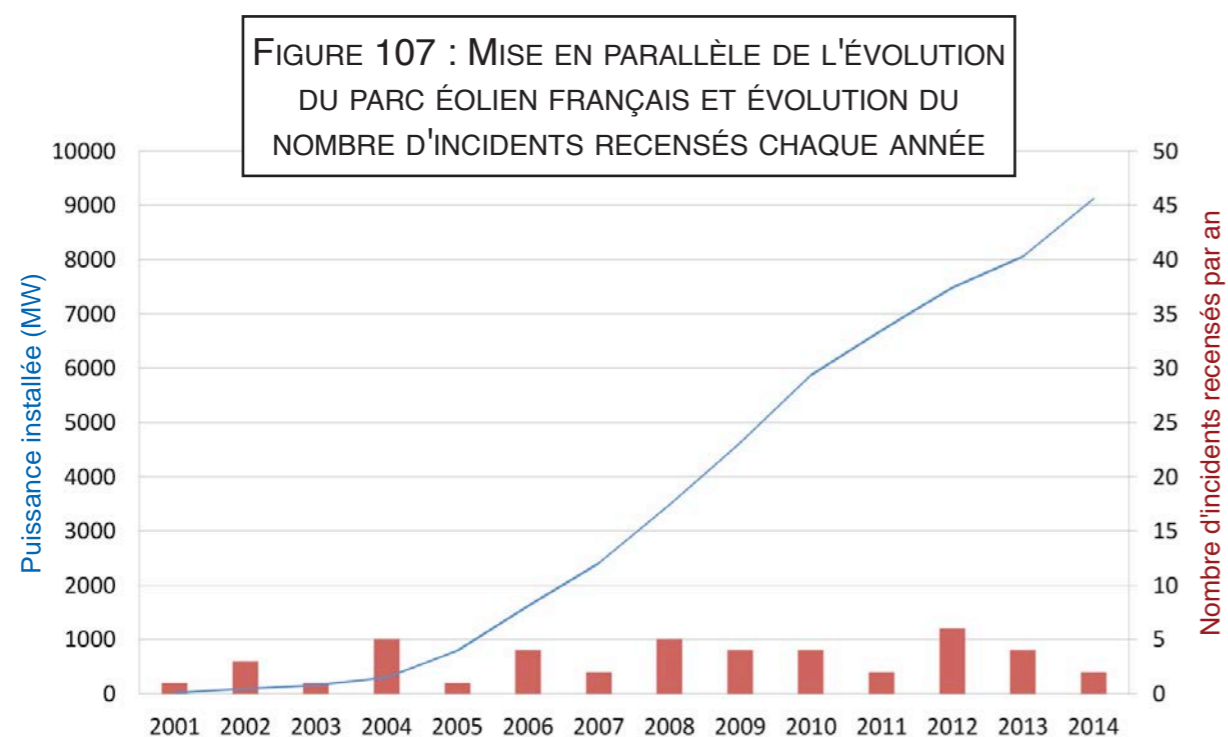
Le retour d'expérience de la filière éolienne française et internationale permet d'identifier les principaux événements redoutés suivants :

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

### J.6.3.2 - 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 (Figure 107).

Il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées.



Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant. Cette tendance s'explique principalement par un parc éolien français assez récent, qui utilise majoritairement des éoliennes de nouvelle génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres.

### J.6.3.3 - Limites d'utilisation de l'accidentologie

Ces retours d'expérience permettent de dégager de grandes tendances mais doivent être pris avec précaution. Ils comportent notamment les biais suivants :

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

## J.7 - ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

L'Analyse Préliminaire des Risques a pour objet d'identifier les causes et les conséquences potentielles découlant de situations dangereuses provoquées par des dysfonctionnements des installations étudiées. Elle permet de caractériser le niveau de risque de ces événements redoutés, selon une méthodologie décrite ci-dessous, et d'identifier les accidents majeurs, qui seront étudiés de manière détaillée au chapitre "J.8 - Étude détaillée des risques".

### J.7.1 - RECENSEMENT DES ÉVÈNEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

Conformément à la circulaire du 10 mai 2010, les événements initiateurs (ou agressions externes) suivants sont exclus de l'analyse des risques :

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

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

- inondations,
- séismes d'amplitude suffisante pour 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.

### J.7.2 - RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

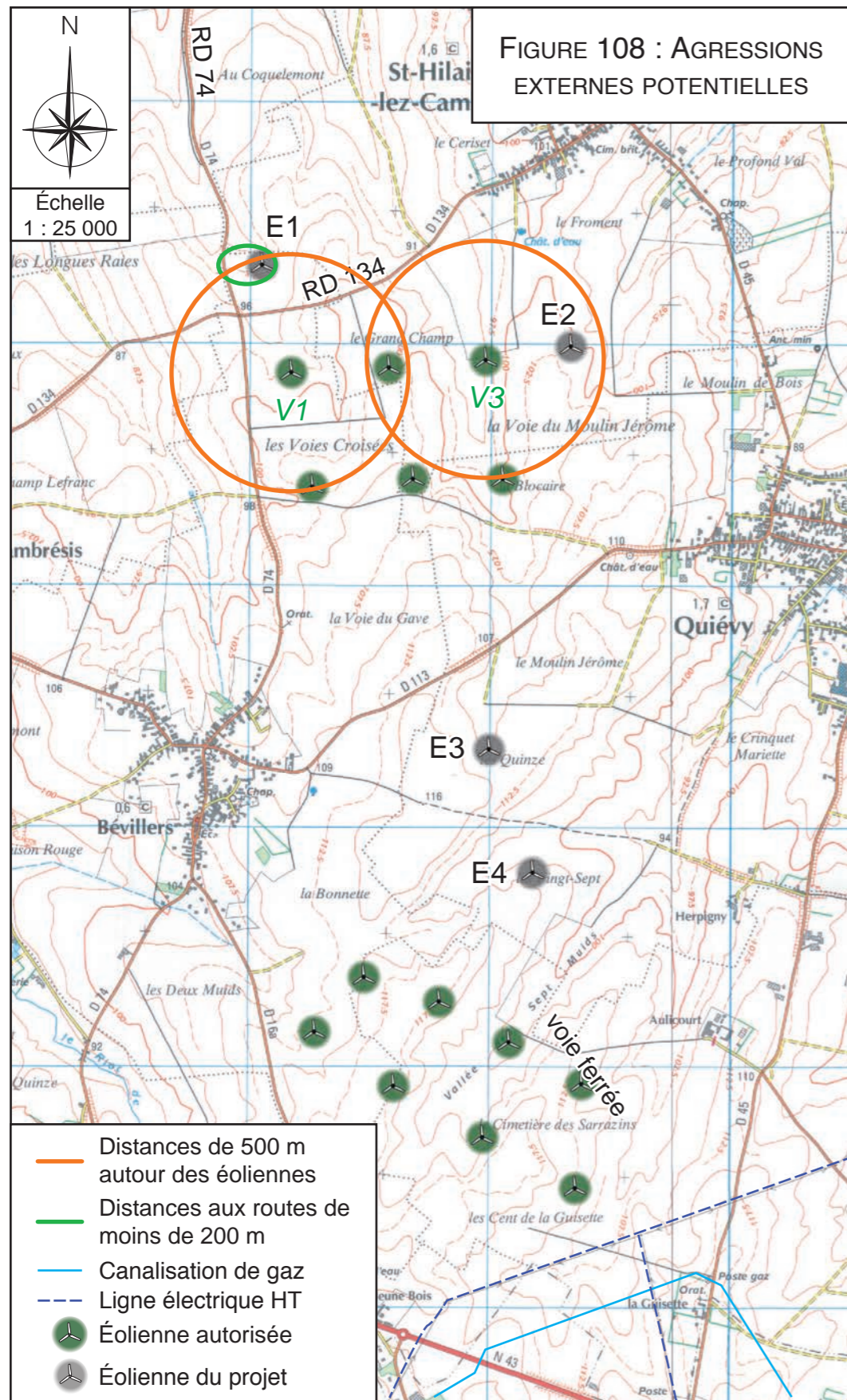
La première étape de l'analyse des risques consiste à recenser les « agressions externes potentielles ». Ces agressions provenant d'une activité ou de l'environnement extérieur sont des événements susceptibles d'endommager ou de détruire les aérogénérateurs de manière à initier un accident qui peut à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

#### J.7.2.1 - Agressions externes liées aux activités humaines

Les activités humaines sont susceptibles de constituer un agresseur potentiel dans les conditions suivantes, selon l'INERIS (Figure 108) :

- les aérodromes lorsqu'ils sont implantés dans un rayon de 2 km
  - > *aucun aérodrome ne se trouve dans ce rayon de 2 km*
- les autres aérogénérateurs présents dans un rayon de 500 mètres
  - > *2 des éoliennes du parc accepté de la Voie du Moulin Jérôme sont concernées (V1 et V3)*
- les autres activités humaines (dont gazoducs, lignes électriques à très haute tension, voies ferrées) dans un rayon de 200 m
  - > *dans un rayon de 200 m, on trouve :*
    - des espaces cultivés, des chemins agricoles, des chemins,
    - la RD 74 entre Bévillers et Avesnes-les-Aubert, non structurante.





Le tableau suivant synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines et fournit une estimation des distances minimales séparant chaque aérogénérateur de la source de l'agression potentielle. Lorsque les conditions pour constituer un agresseur potentiel sont remplies, la case du tableau est **en orange**.

Notons que, dans une moindre mesure, les activités agricoles peuvent aussi constituer des agresseurs potentiels.

Infrastructure		Distance minimale par rapport au mât de l'éolienne (m)			
		E1	E2	E3	E4
Voies de circulation	RD 74	150	> 200 m		
Voie ferrée		> 200 m			
Aérodrome		> 2 km			
Ligne THT		> 200 m			
Éoliennes autorisées de la Voie du Moulin Jérôme	V1	455	> 500 m		
	V3	350			
	autres				
Éoliennes du projet	E1	> 500 m			
	E2				
	E3				
	E4				

D'après la définition de l'INERIS, les installations susceptibles de constituer des agresseurs potentiels sont donc :

- la RD 74, située à moins de 200 m de l'éolienne E1,
- les éoliennes V1 et V3 du projet accepté, avec les éoliennes E1 et E2 du présent projet.

### J.7.2.2 - Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Le tableau ci-dessous synthétise et indique l'intensité<sup>1</sup> des principales agressions externes liées aux phénomènes naturels auxquelles l'aérogénérateur est soumis.

Agression externe	Intensité
Vents et tempêtes	Les rafales supérieures à 100 km/h sont peu fréquentes (4 jours par an) dans le secteur de la zone d'étude.
Foudre	Dans le secteur, la densité de foudroiement est de l'ordre de 0,5 impact par an par km <sup>2</sup> , tandis que la moyenne nationale est d'environ 1,8. Le risque orageux dans le secteur du projet, peut donc être considéré comme relativement modéré.
Instabilité du sous-sol	Le projet fera l'objet d'une étude géotechnique pour lever tout risque lié aux mouvements de terrain.

Concernant le vent, les éoliennes respectent la norme IEC adaptée aux conditions de vent du site (voir "B.2.3.8 - Certification des éoliennes", page 16).

Rappelons que les agressions externes liées à des inondations, à des incendies de forêt ou de cultures ou à des séismes ne sont pas considérées dans ce tableau dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

Concernant la foudre, l'INERIS considère que le respect des normes IEC 61 400-24 (juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (décembre 2006) rend le risque d'effet direct de la foudre négligeable<sup>2</sup> (risque électrique, risque d'incendie, etc.). En effet, le système de mise à la terre permet d'évacuer l'intégralité du courant de foudre. Il n'est donc pas traité en tant que tel dans l'analyse des risques et dans l'Étude Détaillée des Risques. 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.

La protection foudre des éoliennes qui seront installées répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4. Le contrôle du système de protection contre la foudre fait partie de la maintenance normale des machines. Elle inclut une vérification des dommages mécaniques dus à la foudre sur la pale si le système parafoudre n'a pas fonctionné.

1 : Lorsque les données sont disponibles. Données rafales : <http://www.infoclimat.fr>, données 1961-1990 à la station Cambrai-Épinoy

2 : Guide Technique Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens - INERIS, SER, FEE - Mai 2012

### J.7.3 - SCÉNARIOS ÉTUDIÉS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

À l'issue du recensement des potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux, l'APR identifie l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

Le tableau qui suit permet l'analyse générique des risques en définissant les éléments suivants :

- description de la succession des événements (événements initiateurs et événements intermédiaires),
- description des événements redoutés centraux qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident,
- description des fonctions de sécurité permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux,
- description des phénomènes dangereux dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident,
- évaluation qualitative de l'intensité de ces événements, afin de prendre en compte la spécificité des éoliennes, 2 classes ont été établies :
  - "1" : phénomène limité ou se cantonnant au surplomb de l'éolienne,
  - "2" : correspond à une intensité plus importante et impactant potentiellement des personnes autour de l'éolienne.

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience du groupe de travail mixte Syndicat des Énergies Renouvelables et INERIS :

- "G" pour les scénarios concernant la glace,
- "I" pour ceux concernant l'incendie,
- "F" pour ceux concernant les fuites,
- "C" pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne,
- "P" pour ceux concernant les risques de projection,
- "E" pour ceux concernant les risques d'effondrement.

N°	Événement initiateur / cause	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02		Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)		2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute / projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique					2
I03	Survitesse	Échauffement des parties mécaniques et inflammation		Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)		2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification			Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)		2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur					2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification, fuite convertisseur, fuite transformateur	Écoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Écoulement				1

N°	Événement initiateur / cause	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité	
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1	
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)		1	
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle				1	
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2	
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale		Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)		2	
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage			Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)		2	
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Projection / chute fragments et chute mât	2	
E02	Glissement de sol					2	
E05	Crash d'aéronef					2	
E07	Effondrement engin de levage travaux			Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)		2	
E08	Vents forts			Défaillance fondation		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°11)	2
E09	Fatigue			Défaillance mât		Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	2
E10	Désaxage critique du rotor			Impact pale – mât		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	2

## J.7.4 - MISE EN PLACE DES MESURES DE SÉCURITÉ

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

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées sur les éoliennes. Certaines fonctions ne remplissent pas les critères "efficacité" ou "indépendance" : elles ont une fiabilité trop faible pour être considérées comme Mesure de Maîtrise des Risques, elles sont néanmoins décrites dans la mesure où elles concourent à une meilleure sécurité sur le site d'exploitation.

Un principe clé du processus d'élaboration d'une étude de dangers est qu'elle doit être proportionnelle au niveau de risques engendrés par les éoliennes sur leur environnement. Ainsi dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, les aspects relatifs aux fonctions de sécurité qui sont détaillés sont les suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement 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 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 seront présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires, 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, cette indépendance est mesurée 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 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,
- une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité "limiter les conséquences d'une survitesse" doit permettre de détecter une survitesse et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes,
- si applicable, une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité "Prévenir les projections de glace" doit permettre de détecter la formation importante de glace sur les pales et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes.

- **Efficacité** (100 % ou 0 %) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée. En cas de doute sur une mesure de maîtrise des risques, une note de calcul de dimensionnement peut être produite.

- **Test** (fréquence) : il s'agit ici de reporter les tests / essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse doivent être réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.

- **Maintenance** (fréquence) : il s'agit ici de fournir la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Pour qu'une mesure de maîtrise des risques remplissant une fonction de sécurité puisse être retenue comme barrière de sécurité, il convient qu'elle vérifie les critères préliminaires suivants, pour un scénario d'accident donné :

- la barrière doit être de **concept éprouvé**.
- la barrière doit être **indépendante du procédé**. Ce critère est un principe général. Une étude approfondie des modes de défaillance peut permettre de s'en affranchir.
- la barrière doit être **indépendante des autres barrières évaluées** (cas où plusieurs barrières sont mises en œuvre pour le même scénario d'accident).

Si la barrière peut être considérée comme une barrière de sécurité, il conviendra de s'assurer de son aptitude à remplir efficacement la fonction de sécurité qui lui est attribuée. Pour cela, trois critères sont pris en compte :

- **l'efficacité**, elle doit être efficace à 100 % par rapport à sa fonction de sécurité.
- **le temps de réponse**, son temps de réponse doit être en adéquation avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser.
- **le niveau de confiance**, il dépend de la nature de la barrière et intègre la probabilité moyenne de défaillance.

Remarque : pour certaines mesures de maîtrise des risques, certains de ces critères peuvent ne pas être applicables. Le critère correspondant est renseigné avec l'acronyme "NA" (Non Applicable).

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Système de détection du givre / glace</b> <b>Procédure adéquate d'arrêt et de redémarrage</b>	<b>FS 1</b>
Description	<p>La formation de glace se traduit par un balourd du rotor.</p> <p>L'éolienne est donc équipée d'un capteur de vibration qui, en cas de détection (le seuil de détection dépend du type de machine, du type de mât et de la hauteur de la machine), entraîne un réglage rapide des pales de l'éolienne en position drapeau, ce qui induit un arrêt de la rotation des pales de l'éolienne (freinage aérodynamique de l'éolienne). Il suffit qu'une seule pale soit mise en drapeau pour freiner l'éolienne.</p> <p>Le capteur de vibration est un capteur dédié à la sécurité. Le signal du capteur est traité par microprocesseur au sein des armoires de commandes situé dans la nacelle. Si ce microprocesseur tombe en panne la machine s'arrête pour défaut de communication. De plus, les 3 systèmes de régulation des angles des pales sont indépendants.</p> <p>En fonction de la machine concernée et du système ayant détecté le problème, le redémarrage peut se faire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• automatiquement après disparition des conditions de givre (lorsque le système de détection conclut à l'absence de glace : température supérieure à + 2°C de manière permanente par exemple),</li> <li>• et/ou manuellement sur site, avant la reprise automatique lorsque le système de détection conclut à l'absence de glace ou suite à un arrêt d'urgence, Pour ce faire, une inspection visuelle concluant à l'absence de glace sur l'aérogénérateur est nécessaire.</li> </ul>	
Indépendance	Non	
Temps de réponse	Quelques minutes (< 60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011	
Efficacité	100 %	
Test	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne	
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 et maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement	

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Panneautage en pied de machine</b> <b>Éloignement des zones habitées et fréquentées</b>	<b>FS 2</b>
Description	Mise en place de panneaux en pied de machines informant de la possible formation de glace (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	NA	
Efficacité	100 %	
Test	NA	
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.	

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Capteurs de température des pièces mécaniques</b> <b>Définition de seuils critiques de t° pour chaque type de composant avec alarmes</b> <b>Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement</b>	<b>FS 3</b>
Description	<p>Une température trop élevée peut limiter l'efficacité des systèmes de refroidissement (mauvaise évacuation des énergies) ou affecter le fonctionnement de certains composants.</p> <p>Ainsi, des capteurs sont mis en place pour mesurer les températures ambiantes. Un capteur, situé sous la nacelle, contrôle la température externe et conduit à l'arrêt de l'éolienne (mise en pause) pour une température supérieure à 40 °C. L'arrêt est également activé lorsque la température interne de la nacelle dépasse 40 °C.</p> <p>Des capteurs de température sont mis en place sur certains équipements (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur, circuit d'huile, circuit d'eau). Ces capteurs ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	NA	
Efficacité	100 %	
Test	NA	
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.	

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Détection de survitesse et système de freinage</b>	<b>FS 4</b>
Description	<p>L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale, fonction du modèle. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales (positionnement des pales à un angle de 85 à 90 ° pour un minimum de prise au vent). Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales "Pitch System". L'éolienne s'arrête également si l'angle maximal des pales admis est dépassé.</p> <p>Chaque pale possède son propre système de régulation de l'angle des pales. Ces trois systèmes sont indépendants. La mise en drapeau d'une seule pale suffit à freiner l'éolienne.</p> <p>En cas de coupure de courant, l'éolienne est automatiquement stoppée par un système de réglage de pale alimenté par une batterie de secours. La charge des batteries est assurée par un chargeur automatique.</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute 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 %	
Test	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.	
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment 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	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique</b>	<b>FS 5</b>
Description	<p>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.</p> <p>Le fonctionnement du détecteur commande le déclenchement de la cellule HT située en pied de mât, conduisant ainsi à la mise hors tension de la machine. La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être faits qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquiescement manuel du défaut.</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde	
Efficacité	100 %	
Test	NA	
Maintenance	<p>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 préventives mises en œuvre.</p> <p>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.</p> <p>Remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.</p>	



Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur</b>	<b>FS 6</b>
Description	<p>Respect de la norme IEC 61 400 - 24 (juin 2010)</p> <p>Les pales sont équipées de dispositifs de capture. Un dispositif métallique flexible assure la continuité électrique entre la pale et le châssis métallique de la nacelle. Ce châssis est relié électriquement à la tour, elle-même reliée au réseau de terre disposé en fond de fouille (ensemble de prises de terre individuelles, intégrées dans les fondations puis connectées sur une barre de terre située en pied de mât) En cas de coup de foudre sur une pale, le courant de foudre est ainsi évacué.</p> <p>Certains équipements présents dans la nacelle notamment le générateur, le châssis du transformateur et la sortie basse tension du transformateur sont reliées au châssis de la nacelle mis à la terre. Le multiplicateur, lorsqu'il est présent, est isolé électriquement du générateur,</p> <p>Les circuits électriques sont blindés contre les champs électriques et magnétiques et équipés de para-surtenseurs afin de protéger les équipements des surtensions et des surintensités,</p> <p>Les capteurs de vents disposés sur le toit de la nacelle, de même que les dispositifs de balisage lumineux sont protégés contre les coups de foudre directs (dispositifs de capture reliés à la structure métallique de la nacelle, elle-même mise à la terre).</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	Instantané	
Efficacité	100 %	
Test	NA	
Maintenance	<p>Conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspection visuelle du système foudre 3 fois par an et une mesure annuelle</li> <li>• Contrôle périodique tous les 4 ans de la mise à la terre (mesure)</li> </ul>	

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<p><b>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</b></p> <p><b>Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle</b></p> <p><b>Intervention des services de secours</b></p>	<b>FS 7</b>
Description	<p>Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secouru. La nacelle est équipée d'un détecteur de fumée, disposé à proximité des armoires électriques. Un deuxième détecteur est implanté en pied de tour, également au dessus des armoires électriques. Le détecteur de fumée de la nacelle est, d'un point de vue de la détection incendie, redondant avec la détection de température haute.</p> <p>Le déclenchement de ces détecteurs de fumée génère une alarme locale (sirène dans la nacelle et dans le tour) et une information vers le système de contrôle (arrêt de l'éolienne et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât). De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande.</p> <p>Plusieurs extincteurs (dans la nacelle et en pied de tour) sont utilisables par le personnel sur un départ de feu.</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	<p>&lt; 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique. Le centre de secours le plus proche étant celui de Solesmes, ce délai d'intervention est de près de 10 mn.</p>	
Efficacité	100 %	
Test	NA	
Maintenance	<p>Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.</p> <p>Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.</p>	

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Détecteurs de niveau d'huiles</b> <b>Procédure d'urgence</b> <b>Kit antipollution</b>	<b>FS 8</b>
Description	<p>De nombreux détecteurs de niveau d'huile et de liquide de refroidissement permettent de détecter les éventuelles fuites et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.</p> <p>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.</p> <p>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>de contenir et arrêter la propagation de la pollution,</li> <li>d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools...) et produits chimiques (acides, bases, solvants...),</li> <li>de récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> <p>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.</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite	
Efficacité	100 %	
Test	NA	
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)	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (brides, joints, etc.)</b> <b>Procédures qualité</b>	<b>FS 9</b>
Description	<p>La norme IEC 61 400-1 "Exigence pour la conception des aérogénérateurs" fixe les prescriptions propres à fournir "un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie" de l'éolienne.</p> <p>Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1.</p> <p>Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	NA	
Efficacité	100 %	
Test	NA	
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.	

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Procédure maintenance et formation</b>	<b>FS 10</b>
Description	<p>Le personnel intervenant sur les installations (monteurs, personnel affecté à la maintenance) est formé et encadré.</p> <p>Les opérations réalisées tant dans le cadre du montage, de la mise en service que des opérations de maintenance périodique sont effectuées suivant des procédures qui définissent les tâches à réaliser, les équipements d'intervention à utiliser et les mesures à mettre en place pour limiter les risques d'accident.</p> <p>Des check-lists sont établies afin d'assurer la traçabilité des opérations effectuées.</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	NA	
Efficacité	100 %	
Test	NA	
Maintenance	NA	

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<p><b>Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents.</b></p> <p><b>Détection et prévention des vents forts et tempêtes</b></p> <p><b>Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite</b></p> <p><b>Surveillance des vibrations et turbulences</b></p>	<b>FS 11</b>
Description	<p>L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale (fonction du modèle). Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales. Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales "Pitch System".</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	< 1 minute	
Efficacité	100 %	
Test	<p>Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.</p>	
Maintenance	<p>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 de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence).</p> <p>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.</p>	

## J.7.5 - CONCLUSION DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

Rappelons que l'Analyse Préliminaire des Risques permet de sélectionner les accidents étudiés dans l'Étude Détaillée des Risques, en ne retenant que les séquences accidentelles dont l'intensité est telle qu'il peut avoir des effets significatifs sur la vie humaine.

Les accidents étudiés au cours de cette analyse sont ceux pour lesquels l'estimation de la criticité potentielle conduit à les placer dans la zone "EDR" de la matrice de sélection présentée ci-dessous (zone hachurée) :

Gravité	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5. Désastreux					
4. Catastrophique					
3. Important					
2. Sérieux					
1. Modéré					

Les trois catégories de scénario ci-après sont exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Scénario non étudié	Argumentaire
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m <sup>2</sup> n'est pas atteinte au sol. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.  Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 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 libérés dans le sol restent modérés.

À l'inverse, les cinq catégories de scénario étudiées dans l'Étude Détaillée des Risques sont les suivantes :

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

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

## J.8 - ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

L'Étude Détaillée des Risques (EDR) poursuit et complète l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) pour les accidents considérés comme étant potentiellement les plus importants.

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

- Identifier et étudier les combinaisons de causes conduisant aux situations dangereuses,
- Identifier les mesures de maîtrise des risques pouvant intervenir dans le déroulement des scénarios d'accident,
- Évaluer de manière quantitative la probabilité d'occurrence des différents événements, de la situation dangereuse et des différents phénomènes dangereux dont elle peut être à l'origine, en tenant compte de la fiabilité des mesures de maîtrise des risques,
- Modéliser les effets des différents phénomènes physiques causés par la situation dangereuse et analyser l'exposition des éléments vulnérables présents dans les zones d'aléa,
- Évaluer la probabilité d'occurrence des différents dommages possibles,
- Proposer des mesures d'amélioration complémentaires si besoin est, afin de réduire le risque résiduel,
- Identifier et caractériser les mesures de maîtrise des risques qui seront retenues comme MMR.

Pour apprécier les risques liés à une installation industrielle, il convient d'évaluer, pour chaque accident consécutif aux phénomènes dangereux susceptibles d'impacter l'homme ou l'environnement :

- un niveau de gravité, qui représente la sévérité des conséquences de l'accident en cas d'occurrence du phénomène dangereux,
- un niveau de fréquence, qui correspond à la probabilité pour que le phénomène identifié se réalise avec les effets déterminés.

Le couple gravité - fréquence donne le niveau de criticité, ou niveau de risque, de l'accident considéré. Ce dernier est également caractérisé par un troisième paramètre : la cinétique.

Les échelles retenues pour les cotations sont celles définies par l'arrêté ministériel 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", dit PCIG. Ces échelles sont présentées ci-après.

### J.8.1 - RAPPEL DES DÉFINITIONS

Cette première partie de l'Étude Détaillée des Risques consiste à rappeler les définitions de chacun de ces paramètres, en lien avec les références correspondantes.

#### J.8.1.1 - Cinétique

La cinétique d'un scénario d'accident correspond à la vitesse d'enchaînement des différents événements constitutifs du scénario, depuis l'événement initiateur jusqu'aux conséquences sur les éléments vulnérables.

L'arrêté du 29 septembre 2005 ne précise pas les critères d'appréciation de la cinétique.

Les éléments qui suivent sont issus d'un document projet du MEDD, datant de juillet 2004, intitulé "Éléments relatifs à la cinétique des scénarios d'accident".

La cinétique d'un scénario d'accident est caractérisée par 2 phases :

- Phase pré-accidentelle : phase entre l'événement initiateur et la libération du potentiel de danger.
- Phase post-accidentelle : phase postérieure à la libération du potentiel de danger.

Elle se décompose en quatre phases :

- délai d'occurrence,
- délai de montée en puissance du phénomène jusqu'à son état stationnaire,
- délai nécessaire à l'atteinte de cibles,
- durée d'exposition des cibles.

On définit deux niveaux de cinétique d'événements accidentels :

- Cinétique lente : le développement du scénario d'accident, à partir de sa détection, est suffisamment lent (cinétique pré-accidentelle + cinétique post-accidentelle > 30 minutes) pour permettre de protéger les populations exposées avant qu'elles ne soient atteintes (ex : feu de bâtiment, feu d'entrepôt).
- Cinétique rapide : cinétique pré-accidentelle + cinétique post-accidentelle ≤ 30 minutes (ex : projection de pale, dispersion de produits ou de fumées toxiques),

L'estimation de la cinétique d'un scénario d'accident permet de valider l'adéquation des mesures de détection et de protection prises ou envisagées.

**Dans le cadre d'une étude de dangers pour des aérogénérateurs, il est considéré, de manière prudente, que l'intégralité des accidents considérés ont une cinétique rapide. Ce paramètre étant invariant, il ne sera plus détaillé dans les phénomènes redoutés étudiés par la suite.**

### J.8.1.2 - Intensité

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

On constate que les scénarios retenus au terme de l'Analyse Préliminaire des Risques pour les parcs éoliens sont des scénarios de projection (de glace ou de toute ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou toute ou partie de pale) ou d'effondrement de machine. Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, et décroît en fonction de la distance (par exemple un incendie ou une explosion). Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents causés 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".

Le degré d'exposition est défini comme le rapport entre la surface atteinte par un élément chutant ou projeté et la surface de la zone exposée à la chute ou à la projection. 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 des effets très importants,
- 1 % d'exposition : seuil des effets importants.

Ces deux valeurs induisent trois catégories d'exposition :

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

### J.8.1.3 - Gravité

L'intensité et le nombre de personnes exposées dans les limites d'étendue des seuils d'effets définissent le niveau de gravité.

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide de la méthode basée sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers<sup>1</sup>. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées :

Descriptif	Équivalent personnes
<u>Terrains non aménagés et très peu fréquentés</u> : champs, prairies, forêts, friches, marais...	1 personne pour 100 ha.
<u>Terrains aménagés mais peu fréquentés</u> : voie de circulation non structurante (< 2000 véhicules par jour), chemins agricoles, vignes, jardins...	1 personne pour 10 ha.
<u>Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés</u> : parkings, parcs et jardins publics...	≥ 10 personnes par ha.
<u>Voies de circulation</u> ≥ 2000 véhicules par jour	0,4 personne par km et par tranche de 100 véhicules par jour

L'échelle de gravité des conséquences sur l'homme définie dans l'arrêté PCIG du 29 septembre 2005 est la suivante :

Gravité \ Intensité	Exposition très forte	Exposition forte	Exposition modérée
5. "Désastreux"	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
4. "Catastrophique"	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
3. "Important"	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
2. "Sérieux"	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
1. "Modéré"	Pas de zone de létalité hors établissement		Moins d'une personne exposée

<sup>1</sup> : Circulaire du 10 mai 2010, fiche n°1 du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD) issue de la circulaire du 28 décembre 2006 "Éléments pour la détermination de la gravité des accidents".

### J.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 :

Niveau de fréquence	Échelle qualitative	Échelle semi-quantitative	Échelle quantitative : par unité et par an
E	Possible mais extrêmement peu probable	N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années d'installations	$P < 10^{-5}$
D	Très improbable	S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	$10^{-4} > P > 10^{-5}$
C	Improbable	S'est déjà produit dans ce 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	$10^{-3} > P > 10^{-4}$
B	Probable	S'est déjà produit et / ou peut se reproduire pendant la durée de vie de l'installation	$10^{-2} > P > 10^{-3}$
A	Courant	S'est produit sur site considéré et / ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures correctrices	$P > 10^{-2}$

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, 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 étant le produit de plusieurs probabilités :

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

Avec :

- $P_{\text{ERC}}$  : probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ,
- $P_{\text{orientation}}$  : probabilité que l'éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d'une défaillance dans la direction d'un point donné (en fonction des conditions de vent notamment),
- $P_{\text{rotation}}$  : probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment),
- $P_{\text{atteinte}}$  : probabilité d'atteinte d'un point donné autour de l'éolienne (sachant que l'éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu'elle est en rotation),
- $P_{\text{présence}}$  : probabilité de présence d'un enjeu donné au point d'impact sachant que l'élément est projeté en ce point donné.

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

### J.8.1.5 - Acceptabilité du risque

À l'issue de l'analyse des risques, l'ensemble des phénomènes dangereux identifiés et des accidents correspondants est positionné dans une matrice de risque, ou grille de criticité.

La grille de criticité retenue est celle définie dans la circulaire du 29 septembre 2005 "relative aux critères d'appréciation de la démarche de maîtrise des risques d'accidents susceptibles de survenir dans les établissements dits "SEVESO", visés par l'arrêté du 10 mai 2000 modifié"<sup>1</sup>. Il est à noter que cette grille non obligatoire dans le cas des éoliennes est ajoutée dans le dossier afin d'en faciliter la lecture.

Gravité	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5. Désastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
4. Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
3. Important	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
2. Sérieux	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Rouge
1. Modéré	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune

La grille de criticité définit ainsi trois types de zones :

- **Zone en rouge "NON"** : zone de risque élevé associée aux accidents "inacceptables" susceptibles d'engendrer des dommages sévères à l'intérieur et hors des limites du site,
- **Zone en jaune "MMR"** : zone de Mesures de Maîtrise des Risques. Les accidents situés dans cette zone doivent faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue 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 (zone ALARP : As Low As Reasonably Practicable). Dans la zone jaune une MMR est demandée.
- **Zone en vert** : zone de risque moindre, les accidents entrant dans cette catégorie ne nécessitent pas de mesures de réduction du risque supplémentaires.

Le positionnement des phénomènes dangereux identifiés et des accidents correspondants dans cette grille de criticité permet de les hiérarchiser et d'identifier les accidents majeurs.

Pour rappel, d'après l'arrêté du 10 mai 2000 modifié relatif à la prévention des accidents majeurs, un accident majeur est défini comme "un événement tel qu'une émission, un incendie ou une explosion d'importance majeure résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation, entraînant, pour les intérêts visés au L.511-1 du Code de l'Environnement, des conséquences graves, immédiates ou différées et faisant intervenir une ou plusieurs substances ou des préparations dangereuses."

Si des accidents majeurs caractérisés par un risque résiduel "inacceptable" sont identifiés, alors des mesures complémentaires ou des recommandations sont émises afin qu'à l'issue de l'analyse des risques, aucun accident ne se situe dans la zone rouge "NON".

<sup>1</sup> : Cette méthodologie est applicable aux installations SEVESO, mais il est possible de s'inspirer de cette grille pour d'autres installations comme les éoliennes, afin de faciliter la compréhension par le lecteur.



## J.8.2 - CARACTÉRISATION DES SCÉNARIOS RETENUS

Rappelons que l'ensemble des scénarios a été étudié pour l'implantation de 4 éoliennes dont les dimensions sont données en page 14, c'est-à-dire des machines hautes de 150 m, de 101 m de diamètre de rotor et une hauteur au moyeu de 99 m.

### J.8.2.1 - Effondrement de l'aérogénérateur

L'événement redouté central de ce scénario est un effondrement de l'éolienne.

#### J.8.2.1.1 - Analyse des événements initiateurs

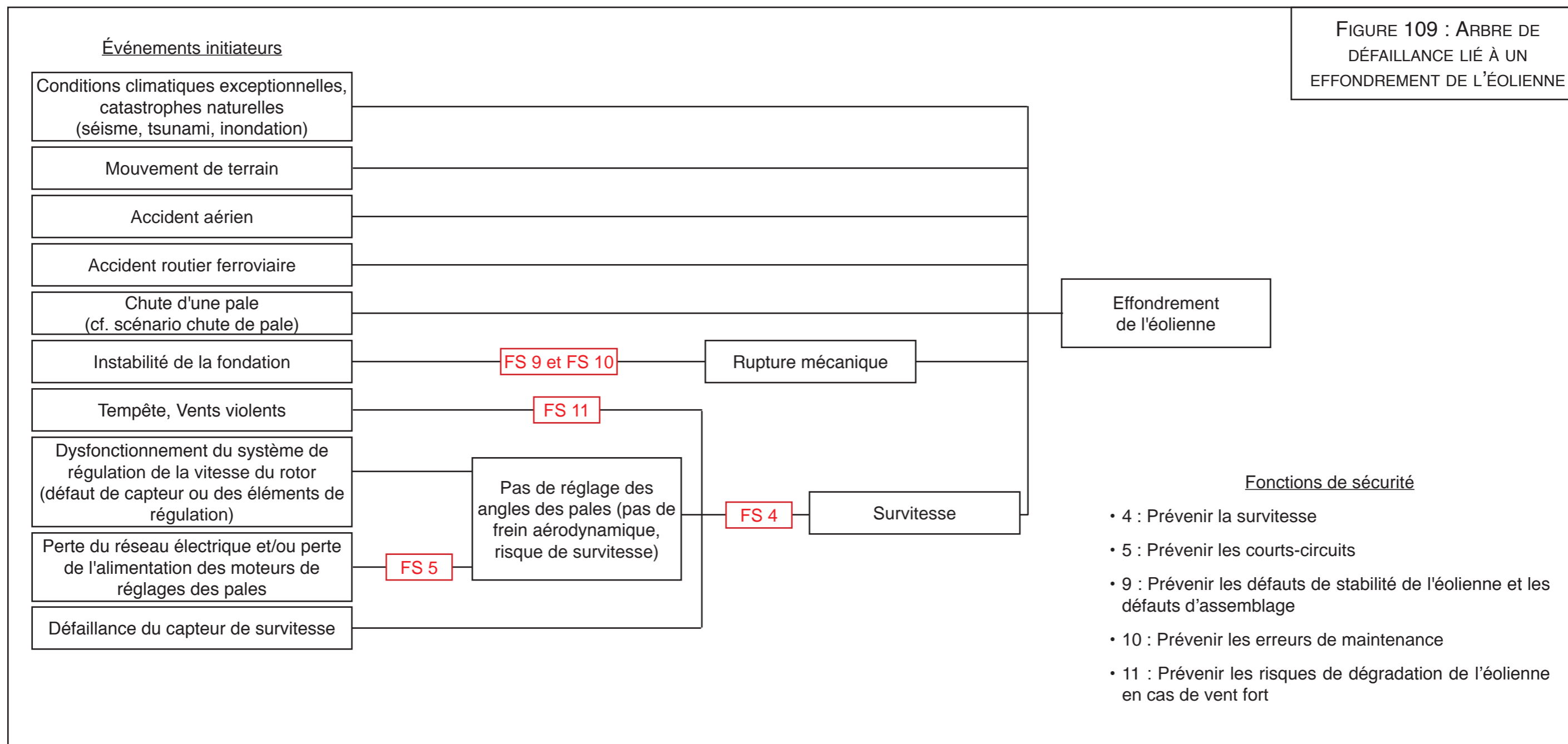
Les causes potentielles identifiées menant à l'événement redouté central sont présentées dans les tableaux suivants, à lire conjointement avec le nœud papillon (arbre des défaillances et d'évènements).

Repère	Événement initiateur	Événement redouté intermédiaire	Description de l'événement initiateur	Mesures contribuant à réduire la probabilité de l'événement initiateur	Fonction de sécurité associée (FS)
1	Conditions climatiques exceptionnelles, catastrophes naturelles	Effondrement de l'éolienne	Avalanche, inondation, tsunami, séisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>Choix d'implantation du site</li> <li>Dimensionnement des fondations</li> </ul>	
2	Mouvements de terrain	Effondrement de l'éolienne	Cavités, retrait-gonflement des argiles	<ul style="list-style-type: none"> <li>Choix d'implantation du site</li> <li>Étude de sol et design en conséquence</li> </ul>	
3	Accident aérien	Effondrement de l'éolienne	Choc avec un aéronef pouvant conduire à une chute / pliage de mât	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consultation préalable de l'armée lors de l'élaboration du projet</li> <li>Implantation éloignée des aéroports</li> <li>Respect de l'arrêté du 13 novembre 2009 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques</li> <li>Balisage : 2 balises par éolienne : flash rouge la nuit type B MI (2000 cd) / flash blanc le jour type A MI (20 000 cd)</li> <li>Balisage sur batteries en cas de perte du réseau électrique (autonomie 12 h - DGAC prévenue)</li> <li>Couleur éolienne : gris-blanc</li> <li>Éoliennes indiquées sur les plans de vol</li> </ul>	
4	Accident routier / ferroviaire	Effondrement de l'éolienne		Éloignement des voies de communication	
5	Chute d'une pale sur le mât	Effondrement de l'éolienne		<i>voir le scénario chute de pale</i>	
6	Défaut de construction, de conception (mauvais dimensionnement des fondations), de montage, de maintenance	Instabilité de la fondation	Rupture mécanique lié à un défaut de construction ou de maintenance pouvant conduire à l'effondrement de l'éolienne	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude de sol et design en conséquence</li> <li>Opérations de maintenance définies par l'arrêté de 26 août 2011 : lors de ces contrôles, si des pièces défectueuses ou usées sont détectées, elles sont remplacées. Certaines pièces ou consommables sont par défaut remplacés périodiquement. La première maintenance après la mise en service a lieu au bout de 3 mois de fonctionnement. Par la suite des contrôles ont lieu tous les 6 mois, 1 an et 4 an en fonction de l'élément considéré.</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 9</b> Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage</p> <p><b>Fonction de sécurité 10</b> Prévenir les erreurs de maintenance</p>

Repère	Événement initiateur	Événement redouté intermédiaire	Description de l'événement initiateur	Mesures contribuant à réduire la probabilité de l'événement initiateur	Fonction de sécurité associée (FS)
7	Vents violents, tempêtes	Survitesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Études de vent - design des éoliennes selon la norme IEC 61400</li> <li>• Conception : distance minimale entre la tour et la pale</li> <li>• Arrêt en cas de vents forts</li> <li>• Mesure constante des vitesses de rotation de la chaîne cinétique</li> <li>• Présence d'un frein hydraulique indépendant du frein aérodynamique</li> <li>• Signal d'alerte SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) en cas de déclenchement d'un capteur de sécurité</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 11</b> Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort</p>
8	Dysfonctionnement du système de régulation de la vitesse du rotor	Survitesse	Le défaut de régulation de la vitesse du rotor entraîne l'impossibilité d'adapter l'angle des pales en fonction des conditions de vents, ce qui peut entraîner une survitesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signal d'alerte SCADA en cas de déclenchement d'un capteur de sécurité</li> <li>• Dès qu'il y a un écart sur l'angle des pitch des 3 pales la machine s'arrête</li> <li>• Indépendance des systèmes d'inclinaison des pales (une pale en drapeau suffit pour freiner la machine)</li> <li>• Système de sécurité indépendant contre la survitesse avec la présence d'un frein hydraulique indépendant du frein aérodynamique</li> <li>• Arrêt de la machine en cas d'incohérence des valeurs mesurées (angles des pales, vitesse de rotation du rotor et de l'arbre lent,...) ou de défaillance du système de contrôle</li> <li>• Mesure redondante des vitesses de rotation, arrêt en cas d'incohérence des mesures</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 11</b> Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort</p> <p>Fonction de sécurité 4 Prévenir la survitesse</p>
9	Perte du réseau électrique et / ou de l'alimentation des moteur de réglage de l'angle des pales	Survitesse	Le réglage des angles des pales n'est plus possible, ce qui peut conduire à une survitesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Batteries de secours situées dans la partie rotor</li> <li>• Arrêt de l'éolienne en cas de coupure de l'alimentation par le réseau public</li> <li>• Présence de batteries ou d'ondulateur sur les équipements de sécurité (balisage lumineux, système de commande)</li> <li>• Accumulateurs hydropneumatiques de secours situées dans la partie Rotor</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 4</b> Prévenir la survitesse</p> <p><b>Fonction de sécurité 5</b> Prévenir les courts-circuits</p>
10	Défaillance du capteur de survitesse	Survitesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indépendance des systèmes d'inclinaison des pales</li> <li>• Présence d'un frein hydraulique indépendant du frein aérodynamique</li> <li>• Mesure constante des vitesses de rotation de la chaîne cinétique</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 4</b> Prévenir la survitesse</p>

### J.8.2.1.2 - Représentation sous forme d'arbre de défaillance et analyse des fonctions de sécurité

Les scénarios d'accident susceptibles d'induire un effondrement de l'éolienne peuvent être représentés sous la forme suivante.



Cinq fonctions de sécurité sont identifiées sur le précédent arbre d'évènements.

Rappelons également que les mesures préventives consistent à réaliser une étude de sol et à définir une fondation en fonction de cette étude.

### J.8.2.1.3 - Caractérisation du risque

#### • Zone d'effet

La distance maximale d'impact d'une chute d'éolienne est égale à un cercle dont le rayon est égal à la hauteur de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m dans le cas des 4 éoliennes de la ferme éolienne du Moulin de Jérôme.

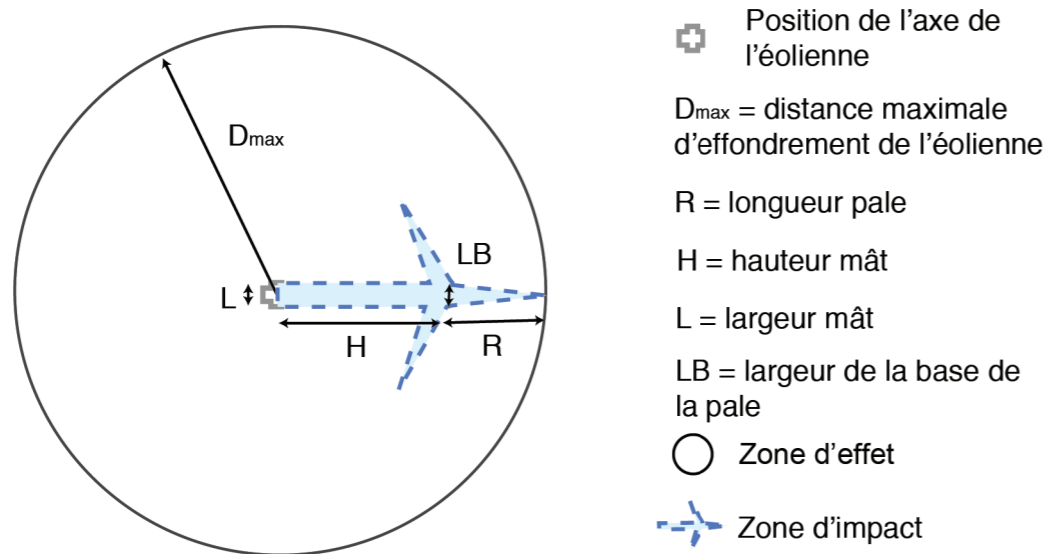


Figure 110 : Schéma du scénario effondrement de l'éolienne

#### • Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien projeté.

Effondrement de l'éolienne			
Zone d'impact (en m <sup>2</sup> )	Zone d'effet du phénomène étudié (en m <sup>2</sup> )	Degré d'exposition du phénomène étudié (en %)	Intensité
$H \times L + 3 \times R \times LB / 2$	$\pi \times (R+H)^2$	Zone d'impact ÷ Zone d'effet du phénomène	
1148	70 686	1,63	Forte

H : hauteur au moyeu,  
L : largeur du mât,

R : longueur de pale,  
LB : largeur de la base de la pale.

#### • Gravité

On identifie les cibles humaines potentielles dans la surface d'effet de chaque éolienne. Aucune personne exposée n'est comptabilisée au-delà de cette zone d'effet.

Étant données les distances d'effets calculées, les chutes d'éoliennes peuvent atteindre les personnes situées dans les champs, sur les chemins et les voies communales autour du site. Pour le calcul du nombre de personnes permanentes ou équivalent, on se réfère au premier tableau du chapitre "J.8.1.3 - Gravité", page 342.

Le tableau suivant rappelle les correspondances entre la gravité et le nombre de personnes exposées pour une exposition forte :

Gravité	"Désastreux"	"Catastrophique"	"Important"	"Sérieux"	"Modéré"
Nombre de personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 1 et 10 personnes exposées	Au plus 1 personne exposée	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement

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

Effondrement de l'éolienne			
Éoliennes	Nombre de personnes permanentes ou équivalent et hypothèses retenues	Gravité	
E1	0,08	Sérieux	
E2			chemins : 180 m, et terrains non aménagés
E3			chemins : 120 m, et terrains non aménagés
E4			chemins : 125 m et terrains non aménagés

• Probabilité

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

Source	Fréquence	Classe de probabilité (arrêté du 29 septembre 2005)	Justification
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	$4,5 \cdot 10^{-4}$	C	Retour d'expérience
Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004	$1,8 \cdot 10^{-4}$ (effondrement de la nacelle et de la tour)	C	Retour d'expérience

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité "C". En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience<sup>1</sup>, soit une probabilité de  $4,47 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

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

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. Les principales mesures sont listées ci-dessous :

- 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.

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'aucun effondrement n'a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2005.

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 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 donc considéré, conformément aux préconisations de l'INERIS, 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".**

<sup>1</sup> : Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

• Évaluation des risques - Acceptabilité

Les différents éléments d'évaluation des accidents associés à un effondrement d'éolienne sont présentés ci-dessous. Ils sont basés sur les règles de comptage et sur les modélisations présentées précédemment.

Les accidents "effondrement d'éolienne" pour chacune des éoliennes sont positionnés dans la matrice de criticité ci-dessous.

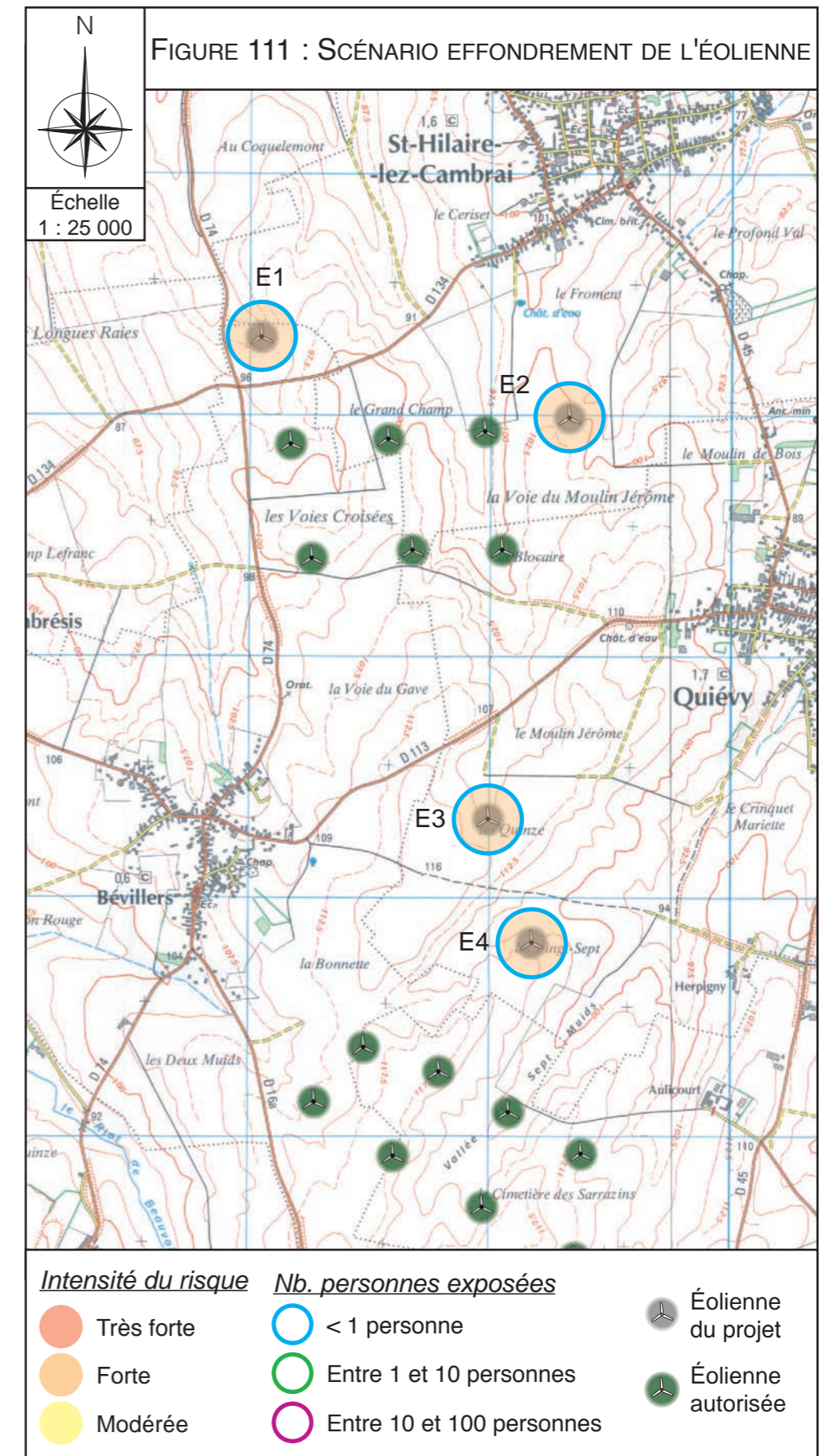
Gravité	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5. Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
4. Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
3. Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
2. Sérieux	Green	X	Yellow	Yellow	Red
1. Modéré	Green	Green	Green	Green	Yellow

Éoliennes	E 101
Diamètre du rotor (m)	101,0
Nb. d'éoliennes du champ	4
Hauteur du mât (m)	99,0
Surface d'effet (m <sup>2</sup> )	70 686
Diamètre du mât (m)	7
Cinétique	Rapide
Intensité	Forte
Fréquence (/an) et classe	10 <sup>-5</sup> à 10 <sup>-4</sup> (D)
Gravité	Sérieux

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, l'INERIS conclut à l'acceptabilité de ce phénomène :

- si au plus une personne est concernée, ce qui est le cas ici,
- si au plus dix personnes sont concernées et que des mesures de sécurité sont associées.

Le croisement de la probabilité avec la gravité du risque d'effondrement des machines démontre donc que ce dernier est acceptable.



## J.8.2.2 - Chute et projection de glace

L'événement redouté central de ces scénarios est la formation de blocs de glace sur les pales du rotor, suivi de leur chute ou de leur projection.

### J.8.2.2.1 - Analyse des événements initiateurs

Sous certaines conditions climatiques, un dépôt de glace / givre peut se former et s'accumuler sur les pales des éoliennes. Ce phénomène de givrage est caractéristique des régions au climat froid, mais il peut également être observé en France. Le givrage des pales d'éolienne se produit lorsque l'éolienne est soumise à un hydrométéore<sup>1</sup> givrant contenant des gouttelettes d'eau à l'état liquide à des températures inférieures au point de congélation (0 °C).

Ces gouttelettes d'eau surfondues se retrouvent :

- en altitude, sous forme de nuages à des températures entre 0 et - 40 °C,
- au sol, sous forme de brouillard givrant, de neige mouillée, de bruine ou de pluie verglaçante.

Lorsque les gouttelettes d'eau surfondues heurtent la surface des pales, elles peuvent geler instantanément et former, par accumulation des gouttelettes les unes sur les autres, une surface rugueuse qui épouse généralement la forme du profil (givre).

Si les gouttelettes d'eau ne gèlent pas instantanément au contact des pales, elles s'unissent pour former des gouttes de surface. Ces gouttes croissent et se solidifient partiellement. Elles s'unissent et ruissellent sur la surface du profil sous l'effet des forces aérodynamiques. La glace ainsi formée, appelée verglas, possède une surface très peu rugueuse et les formes résultantes sont très variables.

Ce type de chute de glace est similaire à ce qu'on observe sur d'autres bâtiments et infrastructures.

L'étude WECO<sup>2</sup> présente une carte d'Europe qui indique le nombre moyen de jours conduisant à la formation de givre par an (Figure 112). Le projet est localisé dans une zone "risque de glace léger" (de 2 à 7 jours par an).

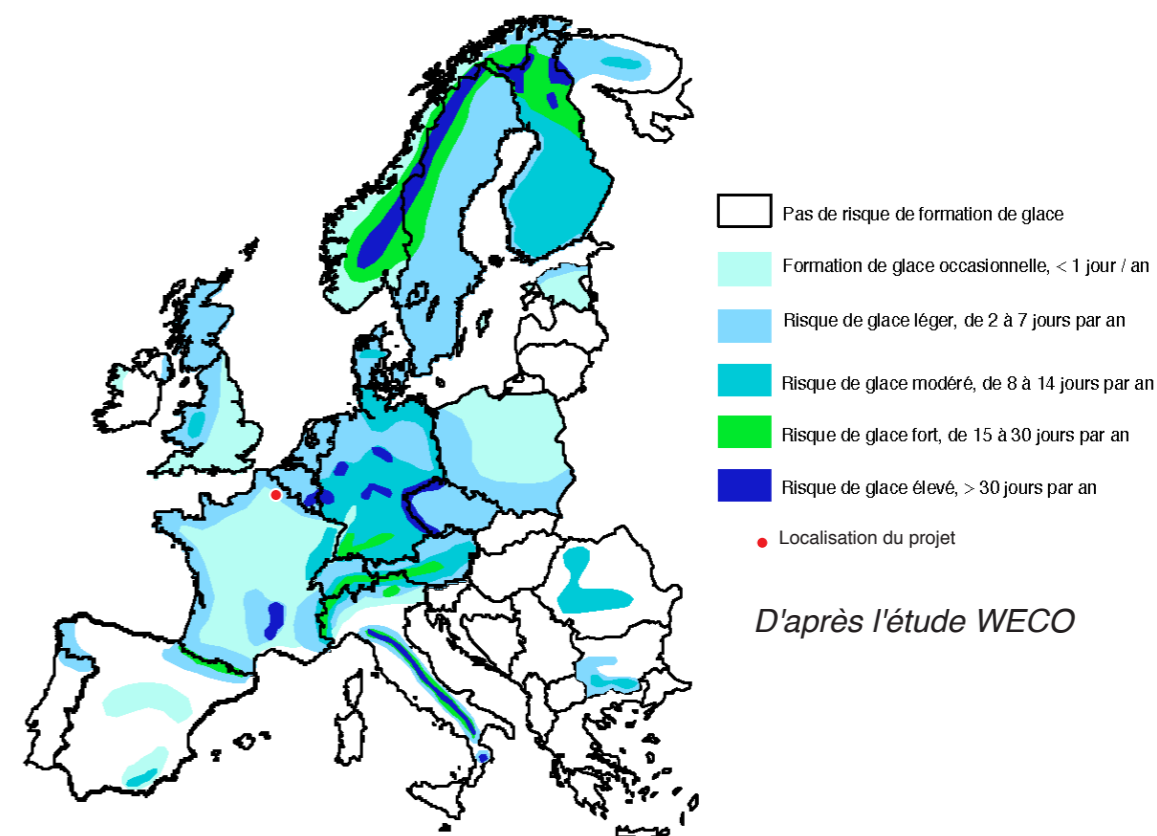


Figure 112 : Localisation des zones à risque de glace (rappel de la Figure 32)

### J.8.2.2.2 - Analyse des conséquences

Le givre et le verglas diminuent les performances aérodynamiques en provoquant des pertes de puissance et par conséquent des pertes énergétiques (non étudié dans ce rapport). Par ailleurs, la couche de glace formée sur les trois pales de l'éolienne peut être irrégulière, ce qui engendre un déséquilibre du rotor et provoque des oscillations indésirables.

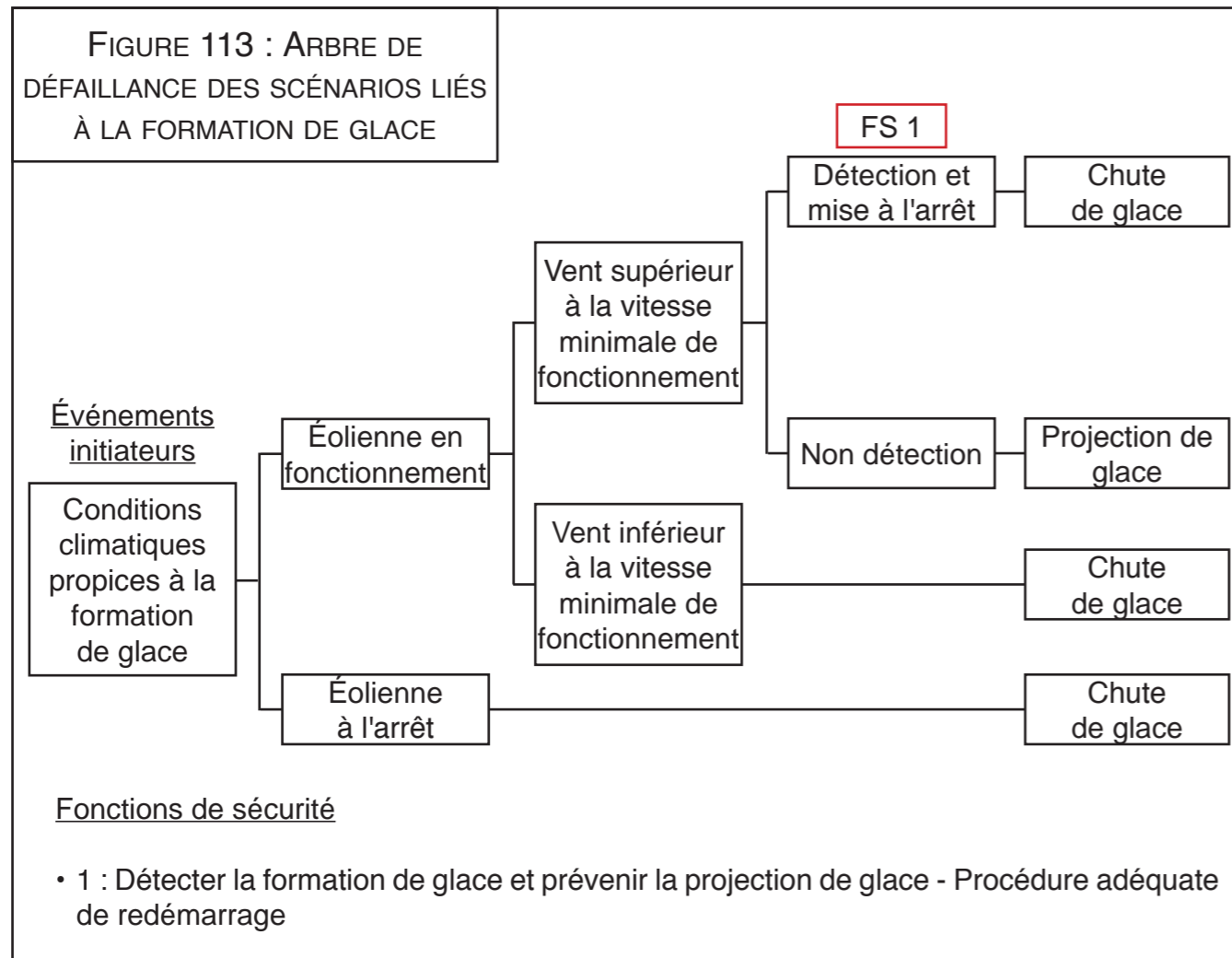
La formation de glace sur les pales est dangereuse car d'épais blocs de glace peuvent se détacher de l'éolienne et atteindre des cibles situées dans son voisinage.

1 : Les hydrométéores concernent l'ensemble des phénomènes liés au comportement de l'eau dans l'atmosphère.

2 : Wind energy in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. - Finnish Meteorological Institute, Helsinki - 2000

**J.8.2.2.3 - Représentation sous forme d'arbre de défaillance et analyse des fonctions de sécurité**

Les scénarios d'accident liés à la formation de glace sont schématisés sur la figure suivante :



Une fonction de sécurité est identifiée sur cette figure.

De plus, chaque chemin d'accès aux éoliennes est équipé d'un panneau annonçant le risque de chute de glace (fonction de sécurité 2 : prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace).

**J.8.2.2.4 - Scénario de chute de glace**

• 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 du Moulin de Jérôme, la zone d'effet a donc un rayon de 50,5 mètres.

Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

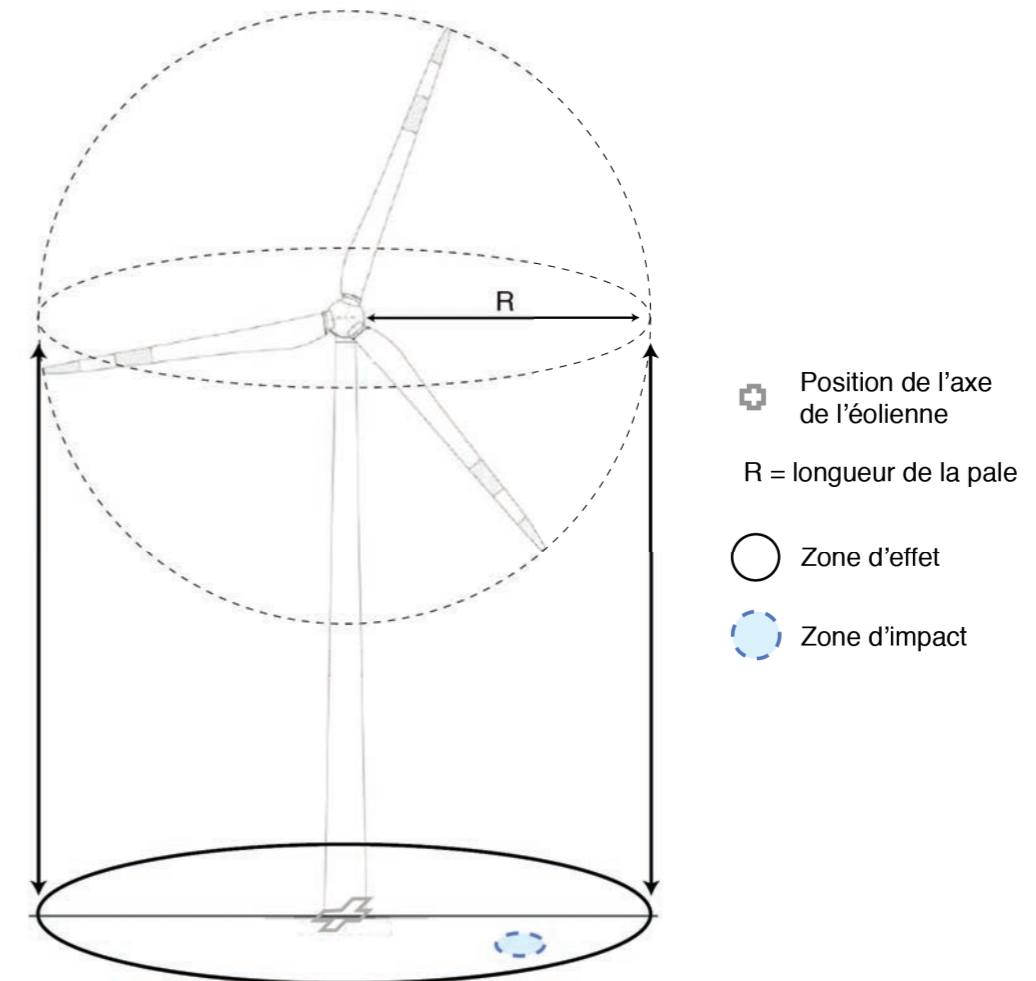


Figure 114 : Schéma du scénario chute de glace



• Intensité

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

Le tableau qui suit permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace. L'intensité est nulle hors de la zone de survol.

Chute de glace			
Zone d'impact (en m <sup>2</sup> )	Zone d'effet du phénomène étudié (en m <sup>2</sup> )	Degré d'exposition du phénomène étudié (en %)	Intensité
SG	$\pi \times R^2$	Zone d'impact ÷ Zone d'effet du phénomène	
1	8012	0,01 (< 1 %)	Modéré

R : longueur de pale      SG : surface du morceau de glace majorant (SG = 1 m<sup>2</sup>).

• Gravité

On identifie les cibles humaines potentielles dans la surface d'effet de chaque éolienne. Aucune personne exposée n'est comptabilisée au-delà de cette zone d'impact.

Étant données les distances d'effets calculées, les chutes de glace peuvent atteindre les personnes situées dans les champs et sur les chemins autour du site. Pour le calcul du nombre de personnes permanentes ou équivalent, on se réfère au premier tableau du chapitre "J.8.1.3 - Gravité", page 342.

Le tableau suivant rappelle les correspondances entre la gravité et le nombre de personnes exposées pour une exposition modérée :

Gravité	"Désastreux"	"Catastrophique"	"Important"	"Sérieux"	"Modéré"
Nombre de personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Moins de 10 personnes exposées	Présence humaine exposée inférieure à "une personne"

Le tableau suivant indique ainsi, pour chaque aérogénérateur, d'après un calcul majorant, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité associée :

Chute de glace			
Éoliennes	Nombre de personnes permanentes ou équivalent et hypothèses retenues		Gravité
E1 à E4	0,01	terrains non aménagés	Modéré

• Probabilité

De façon conservatrice, l'INERIS considère que la probabilité est de classe "A", c'est-à-dire une probabilité supérieure à 10<sup>-2</sup>.

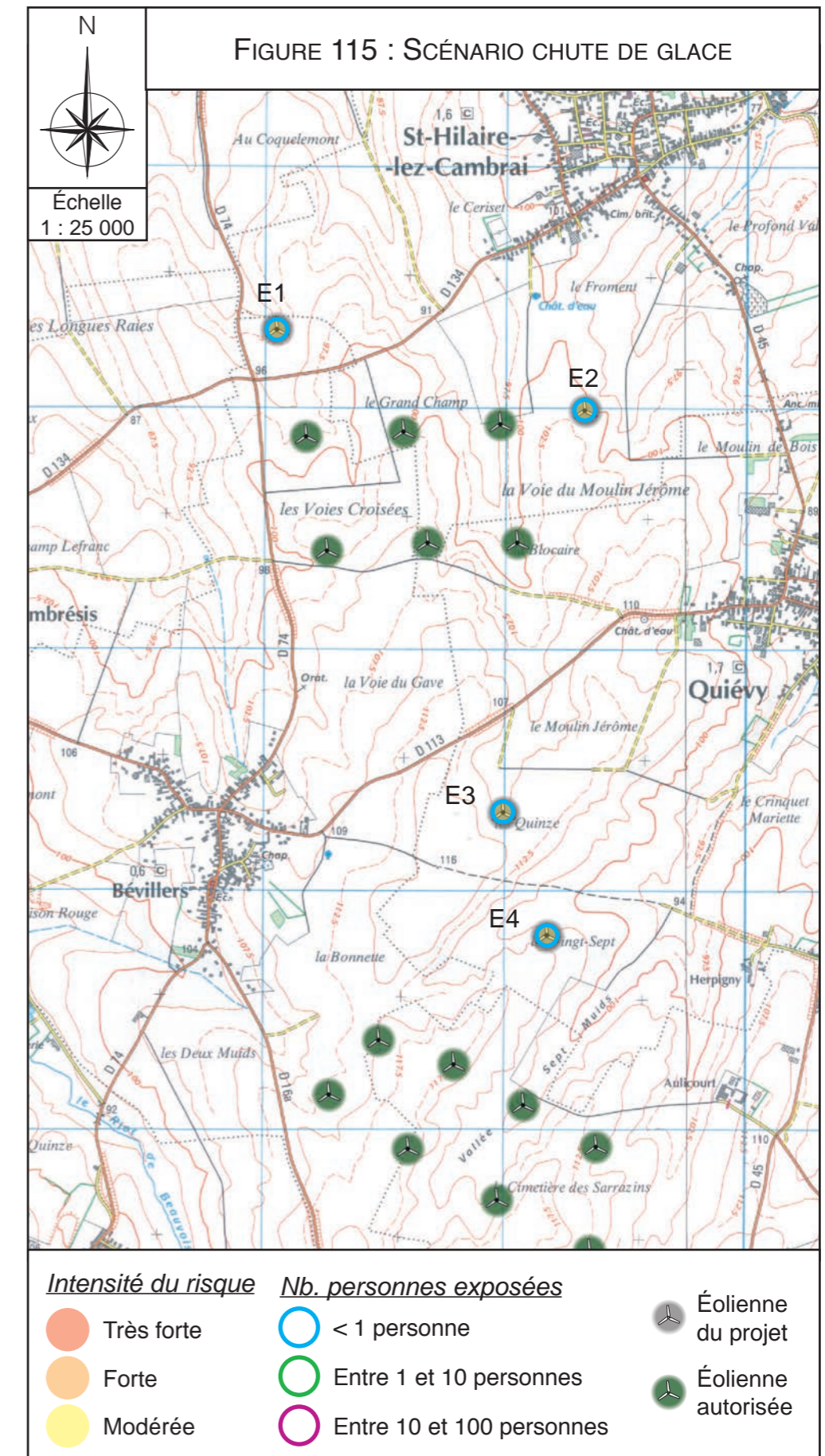
• Évaluation des risques - Acceptabilité

Les différents éléments d'évaluation des accidents associés à une chute de glace sont présentés ci-dessous. Ils sont basés sur les règles de comptage et sur les modélisations présentées précédemment.

Les accidents "chute de glace" pour chacune des éoliennes sont positionnés dans la matrice de criticité ci-dessous.

Gravité	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5. Désastreux					
4. Catastrophique					
3. Important					
2. Sérieux					
1. Modéré					X

Éoliennes	E 101
Diamètre du rotor (m)	101,0
Nb. d'éoliennes du champ	4
Hauteur du mât (m)	99,0
Surface d'effet (m <sup>2</sup> )	8012
Diamètre du mât (m)	7
Cinétique	Rapide
Intensité	Modéré
Fréquence (/an) et classe	> 10 <sup>-2</sup> (A)
Gravité	Modéré



On détermine que le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

Conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, c'est-à-dire en amont de la zone d'effet de ce phénomène. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

### J.8.2.2.5 - Scénario de projection de glace

#### • 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.

La modélisation de la projection de blocs de glace depuis les pales d'une éolienne est complexe. Elle dépend étroitement du mode de formation de la glace (givre, glace), de la taille des blocs, du profil d'aile, de la vitesse de rotation de la pale, de l'utilisation d'un système de dégivrage, etc.

Plusieurs études ont été menées afin d'étudier ce phénomène de givrage. La projection de glace a fait l'objet de développement de plusieurs modèles théoriques et de collecte de données expérimentales. L'étude WECO recommande, au regard des modèles théoriques développés et des données expérimentales recueillies, de maintenir une distance de sécurité (pour les sites présentant un niveau de risque de formation de givre / glace élevé), entre l'éolienne et les cibles les plus proches égale à :

$1,5 \times [\text{hauteur de moyeu} + \text{diamètre de rotor}]$ ,  
soit 300,0 m pour chacune des éoliennes de notre projet.

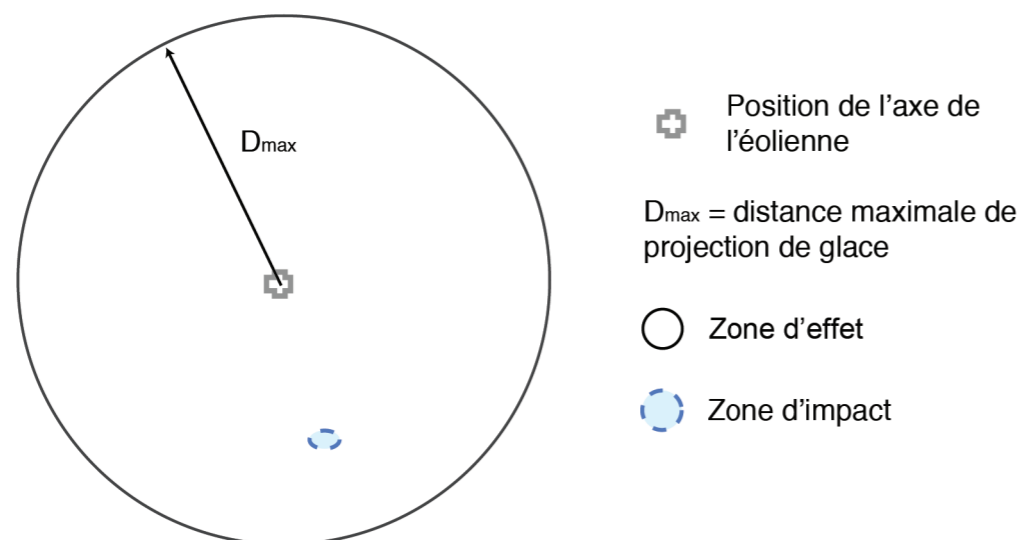


Figure 116 : Schéma du scénario projection de glace

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures (*Risk analysis of ice throw from wind turbines*, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003). 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.

#### • Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m<sup>2</sup>) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau suivant permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien du projet.

Projection de morceaux de glace			
Zone d'impact (en m <sup>2</sup> )	Zone d'effet du phénomène étudié (en m <sup>2</sup> )	Degré d'exposition du phénomène étudié (en %)	Intensité
SG = 1 m <sup>2</sup>	$\pi \times [1,5 \times (H + 2R)]^2$	Zone d'impact ÷ Zone d'effet du phénomène	
1	282 743	0,0004	Modérée

H : hauteur au moyeu (99,0 m),  
R : longueur de pale (rayon du rotor : 50,5 m),  
SG : surface majorante d'un morceau de glace (1 m<sup>2</sup>).

• Gravité

On identifie les cibles humaines potentielles dans la surface d'effet de chaque éolienne.

Étant données les distances d'effets calculées, les projections de morceaux de glace peuvent atteindre les personnes situées dans les champs et sur les chemins autour du site, ainsi que sur une partie des RD 74 et RD 134 près de l'éolienne E1. Pour le calcul du nombre de personnes permanentes ou équivalent, on se réfère au premier tableau du chapitre "J.8.1.3 - Gravité", page 342.

Le tableau suivant rappelle les correspondances entre la gravité et le nombre de personnes exposées pour une exposition d'intensité modérée :

Gravité	"Désastreux"	"Catastrophique"	"Important"	"Sérieux"	"Modéré"
Nombre de personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Moins de 10 personnes exposées	Présence humaine exposée inférieure à "une personne"

L'INERIS a observé dans la littérature disponible qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent donc pas nécessairement être comptabilisées pour le calcul de la gravité. Toutefois, dans une approche majorante, pour englober les personnes hors véhicules dans l'estimation de la gravité, nous les comptabilisons dans le tableau suivant.

Projection de morceaux de glace			
Éoliennes	Nombre de personnes permanentes ou équivalent et hypothèses retenues		Gravité
E1	5,60	RD 74 : 590 m, RD 134 : 495 m, chemins et petites routes : 180 m et terrains non aménagés	Sérieux
E2	0,32 à 0,35	chemins : 1090 m et terrains non aménagés	Modéré
E3		chemins : 855 m et terrains non aménagés	
E4		chemins : 665 m et terrains non aménagés	

• Probabilité

De façon conservatrice, l'INERIS considère que la probabilité est de classe "B", c'est-à-dire une probabilité comprise entre  $10^{-3}$  et  $10^{-2}$ .

• Évaluation des risques - Acceptabilité

La figure suivante reprend les éléments nécessaires à l'estimation de l'acceptation du risque.

Les accidents "projection de glace" pour chacune des éoliennes sont positionnés dans la matrice de criticité ci-dessous.

Gravité	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5. Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
4. Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
3. Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
2. Sérieux	Green	Green	Yellow	E1	Red
1. Modéré	Green	Green	Green	E2 à E4	Yellow

Éoliennes	E 101	
	E1	E2 à E4
Diamètre du rotor (m)	101,0	
Nb. d'éoliennes du champ	4	
Hauteur du mât (m)	98,5	
Surface d'effet (m <sup>2</sup> )	287 000	
Diamètre du mât (m)	7	
Cinétique	Rapide	
Intensité	Modérée	
Fréquence (/an) et classe	10 <sup>-2</sup> à 10 <sup>-3</sup> (B)	
Gravité	Modéré	Sérieux

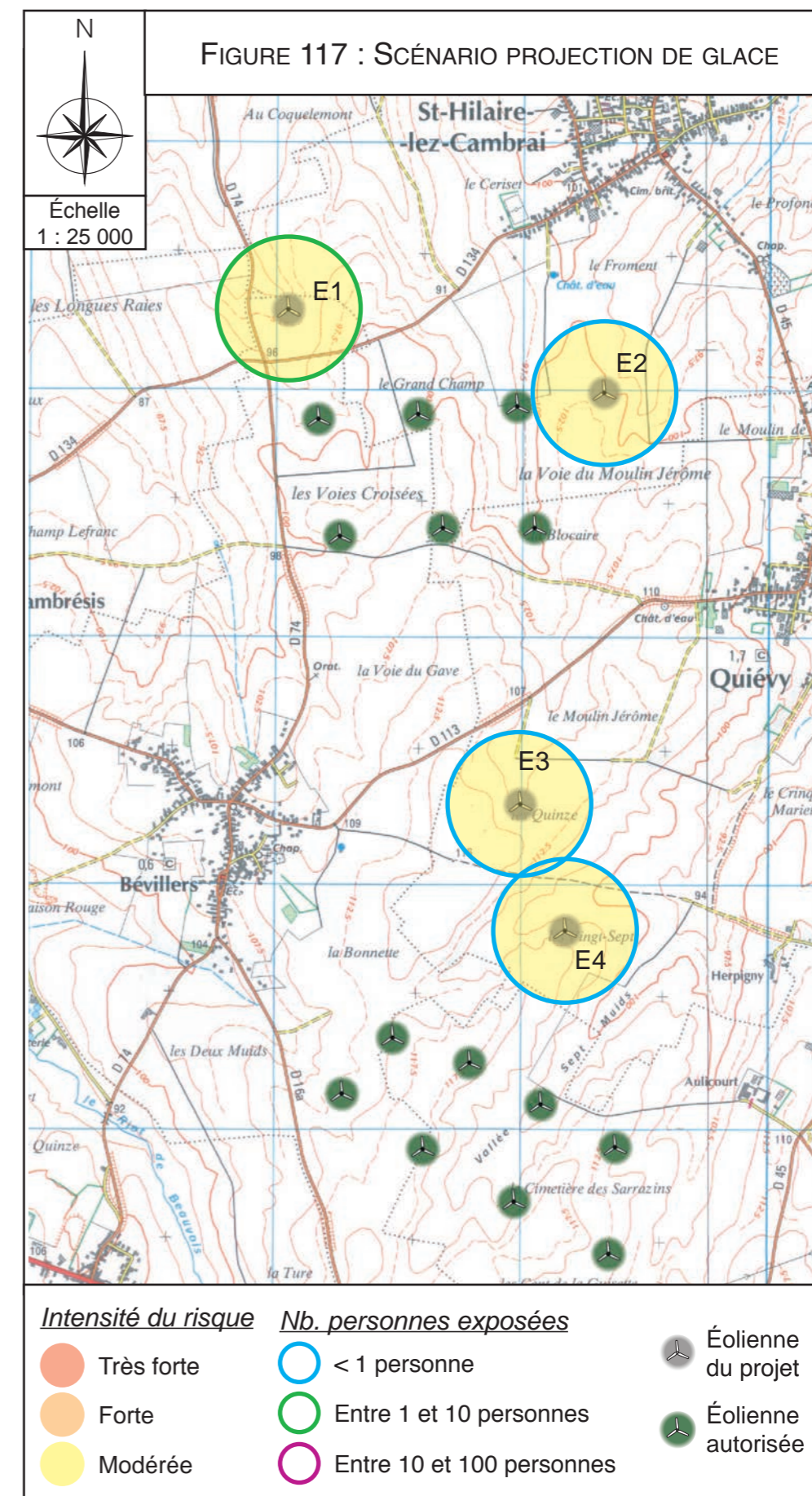
Rappelons que l'INERIS a retenu la probabilité de classe B de façon conservatrice.

Le risque est jugé acceptable par l'INERIS pour le niveau de gravité "Modéré" pour les aérogénérateurs. Pour le niveau de gravité "Sérieux", les fonctions de sécurité (capteurs de vibrations qui entraînent un réglage rapide des pales de l'éolienne en position drapeau, se traduisant par un arrêt de la rotation) rendent également acceptable le risque.

Précisons en outre que les probabilités correspondent aux probabilités d'occurrence du phénomène dangereux qui est plus important que la probabilité d'atteinte d'une cible.

Des panneaux d'information installés au pied des machines signaleront ce risque.

Pour le projet, le phénomène de projection de glace constitue donc un risque acceptable pour les personnes.



### J.8.2.3 - Chute et projection d'éléments de l'éolienne

L'événement redouté central de ce scénario est une rupture d'une pale ou d'un fragment de pale.

En cas de détachement d'une pale du rotor pendant la rotation, la pale sera projetée dans la direction qui prolonge la surface du rotor.

#### J.8.2.3.1 - Analyse des événements initiateurs

Les causes potentielles identifiées menant à l'événement redouté central sont présentées dans le tableau ci-dessous, à lire conjointement avec l'arbre d'évènement.

N°	Événement initiateur	Événement redouté intermédiaire	Description de l'événement initiateur	Mesures contribuant à réduire la probabilité de l'événement initiateur	Fonction de sécurité associée (FS)
1	Orage, foudre	Fragilisation d'une pale pouvant conduire à la rupture	Coup de foudre sur l'aérogénérateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Système de protection foudre de l'éolienne qui prévient toute dégradation de l'éolienne</li> <li>- Contrôle périodique tous les 4 ans de la mise à la terre et inspection visuelle du système foudre 3 fois par an (opérations de maintenance définies par l'arrêté de 26 août 2011)</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 6</b> Prévenir les effets de la foudre</p> <p><b>Fonction de sécurité 10</b> Prévenir les erreurs de maintenance</p>
2	Érosion, tirs de chasse, malveillance	Fragilisation d'une pale pouvant conduire à la rupture	La fragilisation du bord de fuite peut entraîner la rupture d'une pale	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opération de maintenance définie par l'arrêté de 26 août 2011</li> <li>- Respect des normes européennes</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 9</b> Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage</p> <p><b>Fonction de sécurité 10</b> Prévenir les erreurs de maintenance</p> <p><b>Fonction de sécurité 11</b> Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort</p>

N°	Événement initiateur	Événement redouté intermédiaire	Description de l'événement initiateur	Mesures contribuant à réduire la probabilité de l'événement initiateur	Fonction de sécurité associée (FS)
3	Choc avec un aéronef/ parachute/ parapente/ modélisme	Rupture d'une pale ou d'un fragment de pale		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consultation préalable de l'armée lors de l'élaboration du projet</li> <li>- Implantation éloignée des aéroports</li> <li>- Respect de l'arrêté du 13 novembre 2009 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques</li> <li>- Balisage : 2 balises par éolienne : flash rouge la nuit type B MI (2000cd) / flash blanc le jour type A MI (20000cd)</li> <li>- Balisage intermédiaire pour les hauteurs &gt; 150 m en bout de pale (sur le fût du mât)</li> <li>- Balisage sur batteries en cas de perte du réseau électrique (autonomie 12 h - DGAC prévenue)</li> <li>- Couleur éolienne : blanche</li> <li>- Éoliennes indiquées sur les plans de vol</li> </ul>	<p align="center"><b>Fonction de sécurité 10</b> Prévenir les erreurs de maintenance</p>
4	Dysfonctionnement du système de contrôle de la vitesse du rotor	Survitesse entraînant la rupture d'une pale	Plusieurs causes peuvent entraîner ce dysfonctionnement : défaillance d'un capteur de mesure (vitesse de vent, vitesse du rotor, ...), du système d'inclinaison des pales (pitch),...	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Signal d'alerte SCADA en cas de déclenchement d'un capteur de sécurité</li> <li>- Dès qu'il y a un écart sur l'angle des pitch des 3 pales la machine s'arrête</li> <li>- Indépendance des systèmes d'inclinaison des pales (une pale en drapeau suffit pour freiner la machine)</li> <li>- Système de sécurité indépendant contre la survitesse avec la présence d'un frein hydraulique indépendant du frein aérodynamique</li> <li>- Arrêt de la machine en cas d'incohérence des valeurs mesurées (angles des pales, vitesse de rotation du rotor et de l'arbre lent,...) ou de défaillance du système de contrôle</li> <li>- Mesure redondante des vitesses de rotation, arrêt en cas d'incohérence des mesures</li> </ul>	<p align="center"><b>Fonction de sécurité 4</b> Prévenir la survitesse</p>

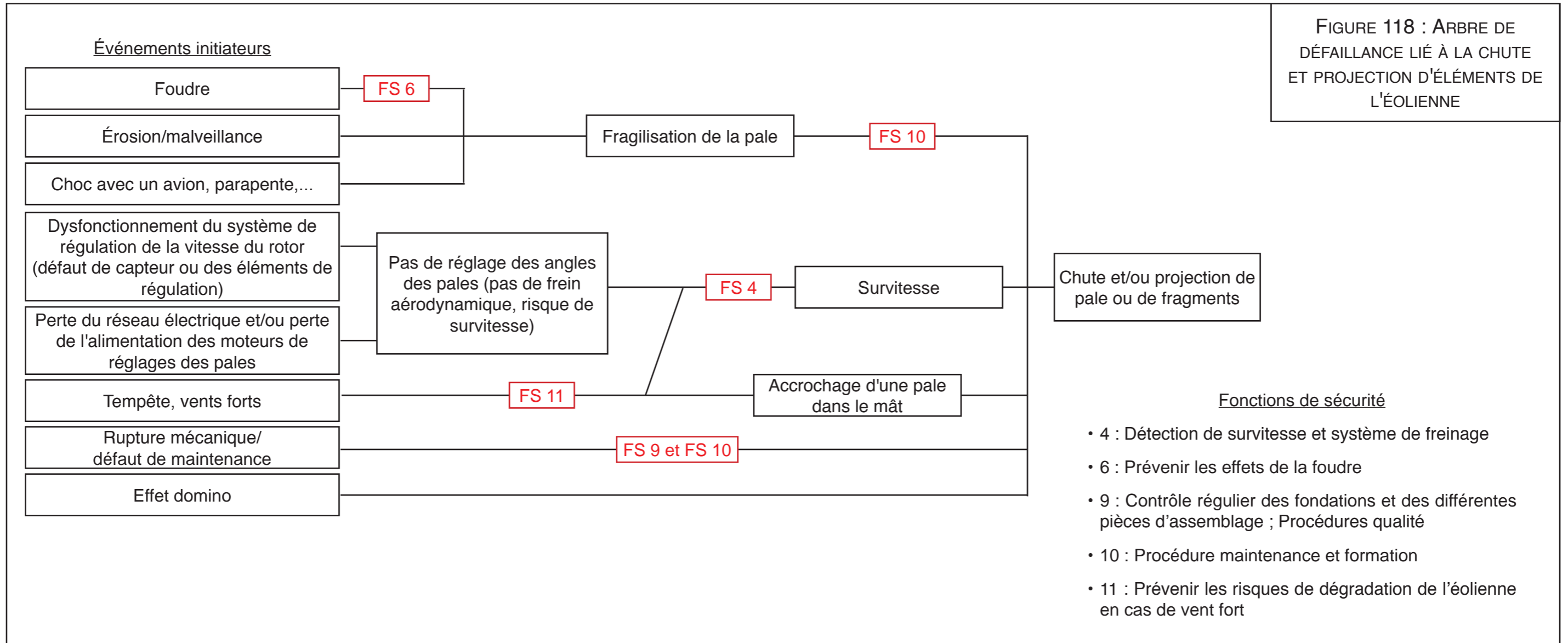
N°	Événement initiateur	Événement redouté intermédiaire	Description de l'événement initiateur	Mesures contribuant à réduire la probabilité de l'événement initiateur	Fonction de sécurité associée (FS)
5	Défaut d'alimentation du système d'inclinaison des pales et/ou perte du réseau électrique	Survitesse entraînant la rupture d'une pale	Perte de l'alimentation du système de réglage des pales ne permettant pas l'arrêt de l'éolienne	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Batteries de secours situées dans la partie Rotor</li> <li>- Arrêt de l'éolienne en cas de coupure de l'alimentation par le réseau public</li> <li>- Présence de batteries ou d'onduleur sur les équipements de sécurité (balisage lumineux, système de commande)</li> <li>- Accumulateurs hydropneumatiques de secours situées dans la partie Rotor</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 4</b> Prévenir la survitesse</p>
6	Vent fort, tempête	Pliage d'une pale et contact avec le mât	Des vents violents pourraient entraîner une déformation / pliage des pales. En cas de contact de la pale avec le mât, la pale pourrait se rompre et être projetée.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Études de vent</li> <li>- Design des éoliennes selon la norme IEC 61400.</li> <li>- En cas de vents violents, mise en position de la machine pour minimiser les contraintes (position face au vent, position des pales en drapeau)</li> <li>- Conception distance minimale entre la tour et la pale</li> <li>- Contrôle continu de la courbe de puissance</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 4</b> Prévenir la survitesse</p> <p><b>Fonction de sécurité 11</b> Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort</p>
7	Défaut de construction / de montage	Rupture mécanique (fixation main carrier / châssis...) conduisant à la chute ou projection	Un défaut de construction, conception, montage (boulons...), d'entretien, le vieillissement ou la corrosion peuvent être à l'origine d'une rupture / détachement de la pale et d'une projection de celle-ci.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Étude de sol</li> <li>- Opérations de maintenance définies par l'arrêté de 26 août 2011</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 9</b> Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage</p> <p><b>Fonction de sécurité 10</b> Prévenir les erreurs de maintenance</p>
8	Projection d'une pale d'une éolienne voisine	Rupture d'une pale par effet domino	Une projection de pale d'une éolienne du champ peut venir heurter une éolienne voisine et occasionner des dommages sérieux sur l'éolienne touchée comme une rupture de pale.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respect des distances d'éloignement préconisées par le constructeur</li> </ul>	



**J.8.2.3.2 - Représentation sous forme d'arbre de défaillance et analyse des fonctions de sécurité**

Les scénarios d'accident liés à une rupture et une projection d'une pale sont représentés sur la figure suivante.

Cinq fonctions de sécurité sont identifiées



**FIGURE 118 : ARBRE DE DÉFAILLANCE LIÉ À LA CHUTE ET PROJECTION D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE**

### J.8.2.3.3 - Scénario de Chute d'éléments de l'éolienne

#### • Zone d'effet

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.

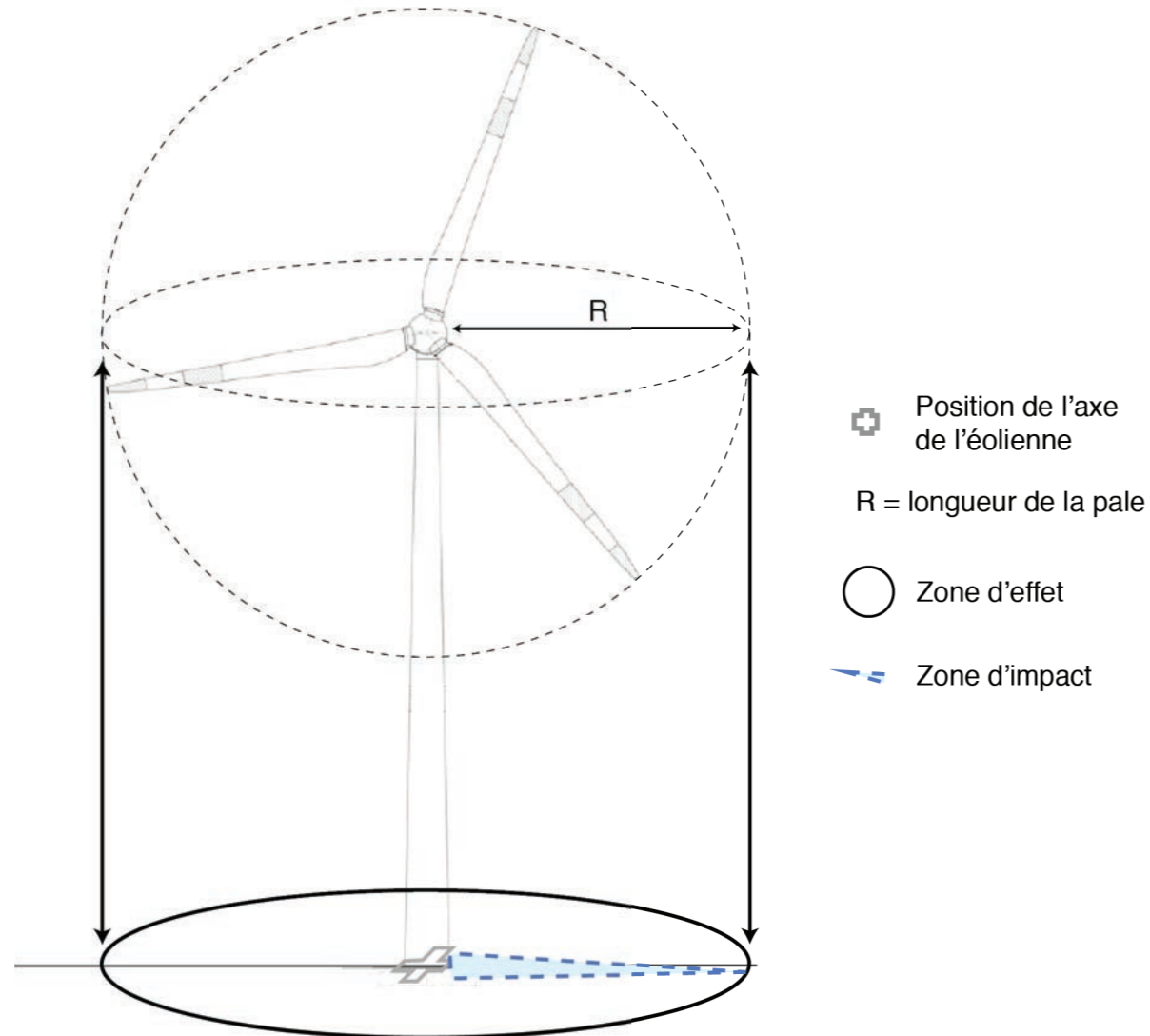


Figure 119 : Schéma du scénario chute d'élément d'éolienne

#### • 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, figure ci-contre).

Le tableau suivant permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments d'une éolienne du projet.

Chute d'éléments de l'éolienne			
Zone d'impact (en m <sup>2</sup> )	Zone d'effet du phénomène étudié (en m <sup>2</sup> )	Degré d'exposition du phénomène étudié (en %)	Intensité
$R \times LB / 2$	$\pi \times R^2$	$\frac{\text{Zone d'impact}}{\text{Zone d'effet du phénomène}}$	
151,5	8012	1,89	Fort

R : longueur de pale      LB : largeur de la base de la pale

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

• Gravité

On identifie les cibles humaines potentielles dans la surface d'effet de chaque éolienne.

Étant données les distances d'effets calculées, les chutes de glace peuvent atteindre les personnes situées dans les champs et sur les chemins autour du site. Pour le calcul du nombre de personnes permanentes ou équivalent, on se réfère au premier tableau du chapitre "J.8.1.3 - Gravité", page 342.

Le tableau suivant rappelle les correspondances entre la gravité et le nombre de personnes exposées pour une exposition d'intensité forte :

Gravité	"Désastreux"	"Catastrophique"	"Important"	"Sérieux"	"Modéré"
Nombre de personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 1 et 10 personnes exposées	Au plus 1 personne exposée	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement

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

Chute d'éléments de l'éolienne			
Éoliennes	Nombre de personnes permanentes ou équivalent et hypothèses retenues		Gravité
E1 à E4	0,01	terrains non aménagés	Sérieux

• Probabilité

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité "C" : 2 chutes et 5 incendies pour 15 667 éoliennes x années d'expérience, soit  $4,47 \cdot 10^{-4}$  événement par éolienne et par an.

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

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

• Évaluation des risques - Acceptabilité

Les éléments permettant d'estimer l'acceptabilité du risque sont résumés sur la figure suivante.

Les accidents "chute d'éléments de l'éolienne" sont positionnés dans la matrice de criticité ci-dessous.

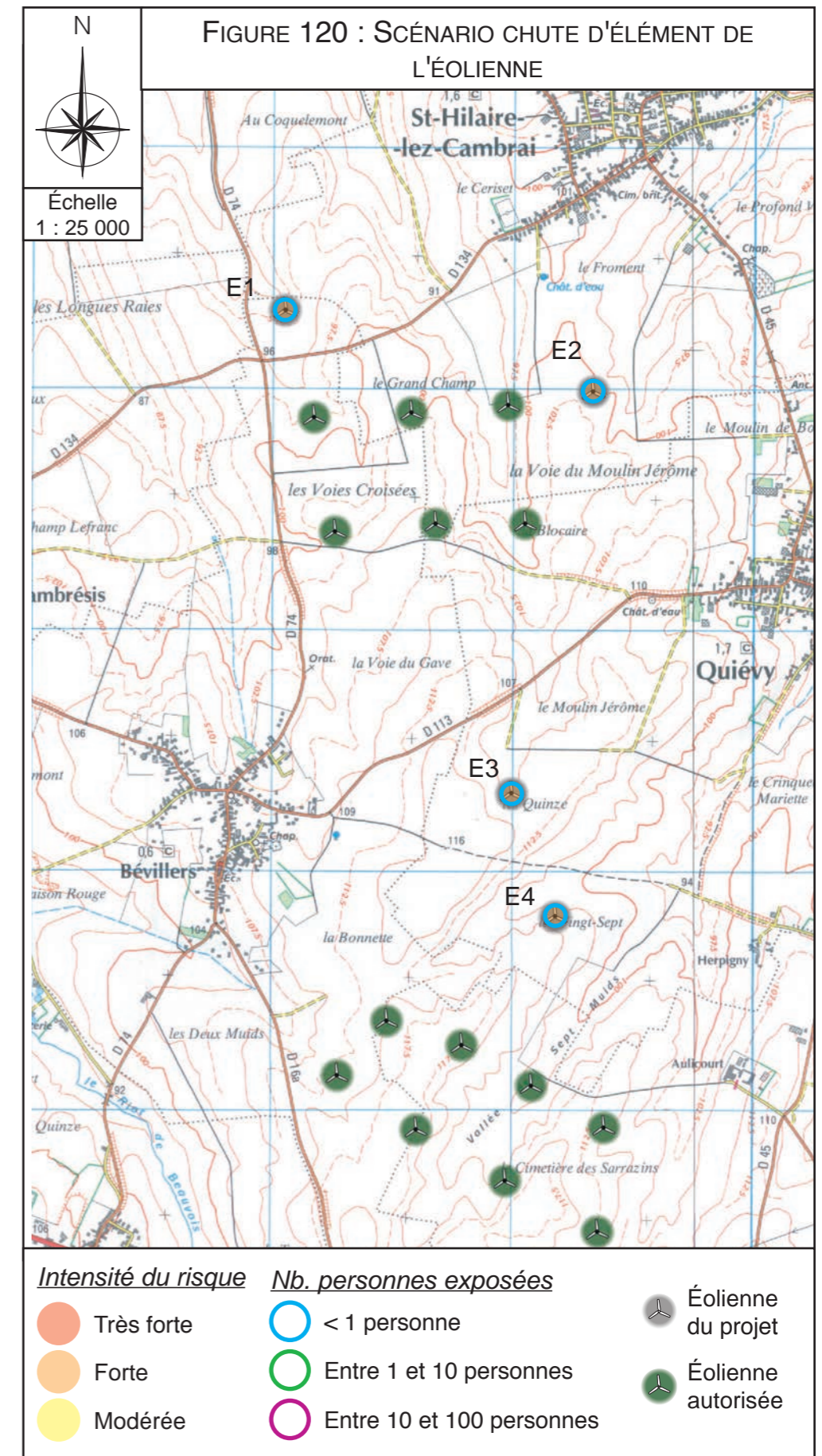
Gravité	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5. Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
4. Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
3. Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
2. Sérieux	Green	Green	X	Yellow	Red
1. Modéré	Green	Green	Green	Green	Yellow

Éoliennes	E 101
Diamètre du rotor (m)	101,0
Nb. d'éoliennes du champ	4
Hauteur du mât (m)	99,0
Surface d'effet (m <sup>2</sup> )	8012
Diamètre du mât (m)	7
Cinétique	Rapide
Intensité	Forte
Fréquence (/an) et classe	10 <sup>-3</sup> à 10 <sup>-4</sup> (C)
Gravité	Sérieux

Avec une classe de probabilité "C", le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme nécessitant la mise en œuvre de mesures de sécurité.

Or, nous avons vu que six fonctions de sécurité sont impliquées dans la maîtrise de ce risque (Figure 118).

Ainsi, pour le parc éolien du Moulin de Jérôme, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.



### J.8.2.3.4 - Scénario de projection de pales ou de fragments de pales

#### • Zone d'effet

Dans l'accidentologie française, 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 (Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum). L'analyse de ce recueil d'accidents indique une distance maximale de projection de l'ordre de 500 mètres à deux exceptions près :

- 1300 m rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006,
- 1000 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, en particulier les études :

- *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.*

**Sur la base de ces éléments et de façon conservatrice, l'INERIS considère une distance d'effet de 500 mètres. Cette distance paraît raisonnable pour la prise en compte des projections de pales ou de fragments de pales dans le cadre des études de dangers des parcs éoliens.**

#### • Intensité

Pour le phénomène de projection de 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 (500 m).

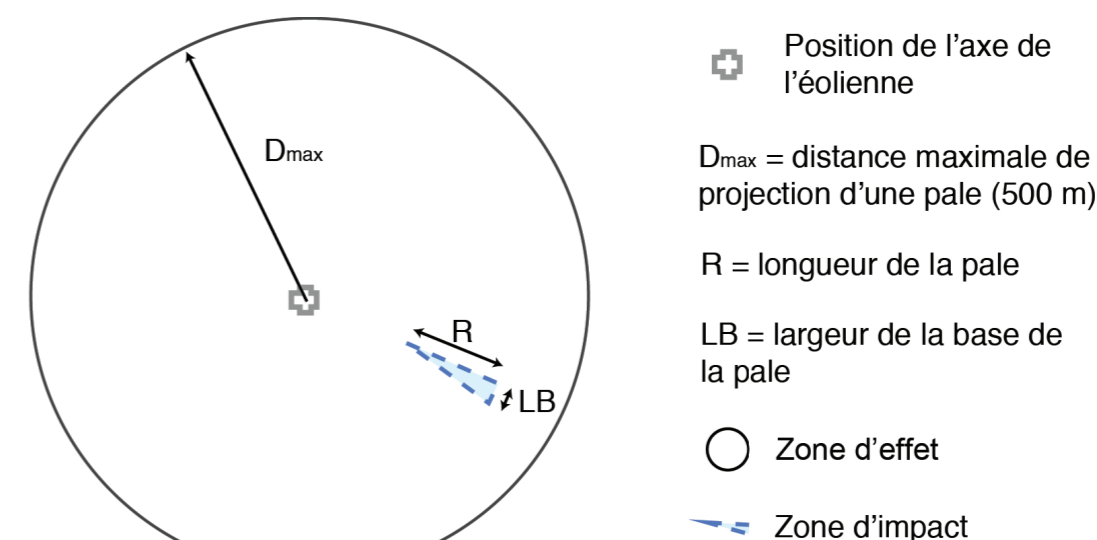


Figure 121 : Schématisation du scénario projection de pale

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

Projection de fragment de pale			
Zone d'impact (en m <sup>2</sup> )	Zone d'effet du phénomène étudié (en m <sup>2</sup> )	Degré d'exposition du phénomène étudié (en %)	Intensité
$R \times LB / 2$	$\pi \times D_{max}^2$	Zone d'impact ÷ Zone d'effet du phénomène	
151,5	785 398	0,019	Modérée

$D_{max}$  : 500 m    LB : la largeur de la base de la pale

• Gravité

On identifie les cibles humaines potentielles dans la surface d'effet de chaque éolienne.

Étant données les distances d'effets calculées, la projection d'éléments d'éoliennes peut atteindre les personnes situées dans les champs, sur les chemins et petites routes autour du site, sur les RD 134 et RD 74 pour l'éolienne E1 et sur la RD 113 pour l'éolienne E3. Pour le calcul du nombre de personnes permanentes ou équivalent, on se réfère au premier tableau du chapitre "J.8.1.3 - Gravité", page 342.

Le tableau suivant rappelle les correspondances entre la gravité et le nombre de personnes exposées pour une exposition d'intensité modérée :

Gravité	"Désastreux"	"Catastrophique"	"Important"	"Sérieux"	"Modéré"
Nombre de personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Moins de 10 personnes exposées	Présence humaine exposée inférieure à "une personne"

On suppose que le centre de gravité de la pale est situé au 1/3 de sa longueur. On fait l'hypothèse que le point d'impact du centre de gravité d'une pale d'éolienne est uniformément distribué à l'intérieur de la surface de projection de la pale (surface d'effet).

Les personnes exposées au seuil des effets létaux significatifs sont situées dans la zone d'impact : disque centré sur le point d'impact du centre de gravité de la pale et de rayon égal aux 2/3 de la longueur de la pale.

Projection de fragment de pale			
Éoliennes	Nombre de personnes permanentes ou équivalent et hypothèses retenues		Gravité
E1	10,06	RD 74 : 1000 m, RD 134 : 1010 m, chemins et petites routes : 345 m et terrains non aménagés	Important
E2	0,92	chemins et petites routes : 2280 m et terrains non aménagés	Modéré
E3	3,64	RD 113 : 700 m, chemins et petites routes : 1830 m et terrains non aménagés	Sérieux
E4	0,91	chemins et petites routes : 2140 m et terrains non aménagés	Modéré

• Probabilité

Les valeurs de probabilité retenues dans la littérature pour une rupture de tout ou partie de pale sont détaillées dans le tableau suivant.

Source	Fréquence	Classe de probabilité	Justification
Site <i>Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24</i>	$1 \times 10^{-6}$	E	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
<i>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</i>	$1,1 \times 10^{-3}$	B	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
<i>Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004</i>	$6,1 \times 10^{-4}$	C	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité "C" (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit  $7,66 \times 10^{-4}$  événement par éolienne et par an). Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité "C" : "Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité". Une probabilité de classe "C" est donc retenue par défaut pour ce type d'événement.

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

- les dispositions de la norme IEC 61 400-1,
- les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre,
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage,
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations,
- 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 donc considéré que la classe de probabilité de l'accident est "D" : "S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité."**

• Évaluation des risques - Acceptabilité

La carte ci-contre résume les éléments d'estimation de l'acceptabilité du risque.

Les accidents "projection de pale ou de fragment de pale" sont positionnés dans la matrice de criticité suivante.

Gravité	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5. Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
4. Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
3. Important	Yellow	E1	Yellow	Red	Red
2. Sérieux	Green	E3	Yellow	Yellow	Red
1. Modéré	Green	E2 et E4	Green	Green	Yellow

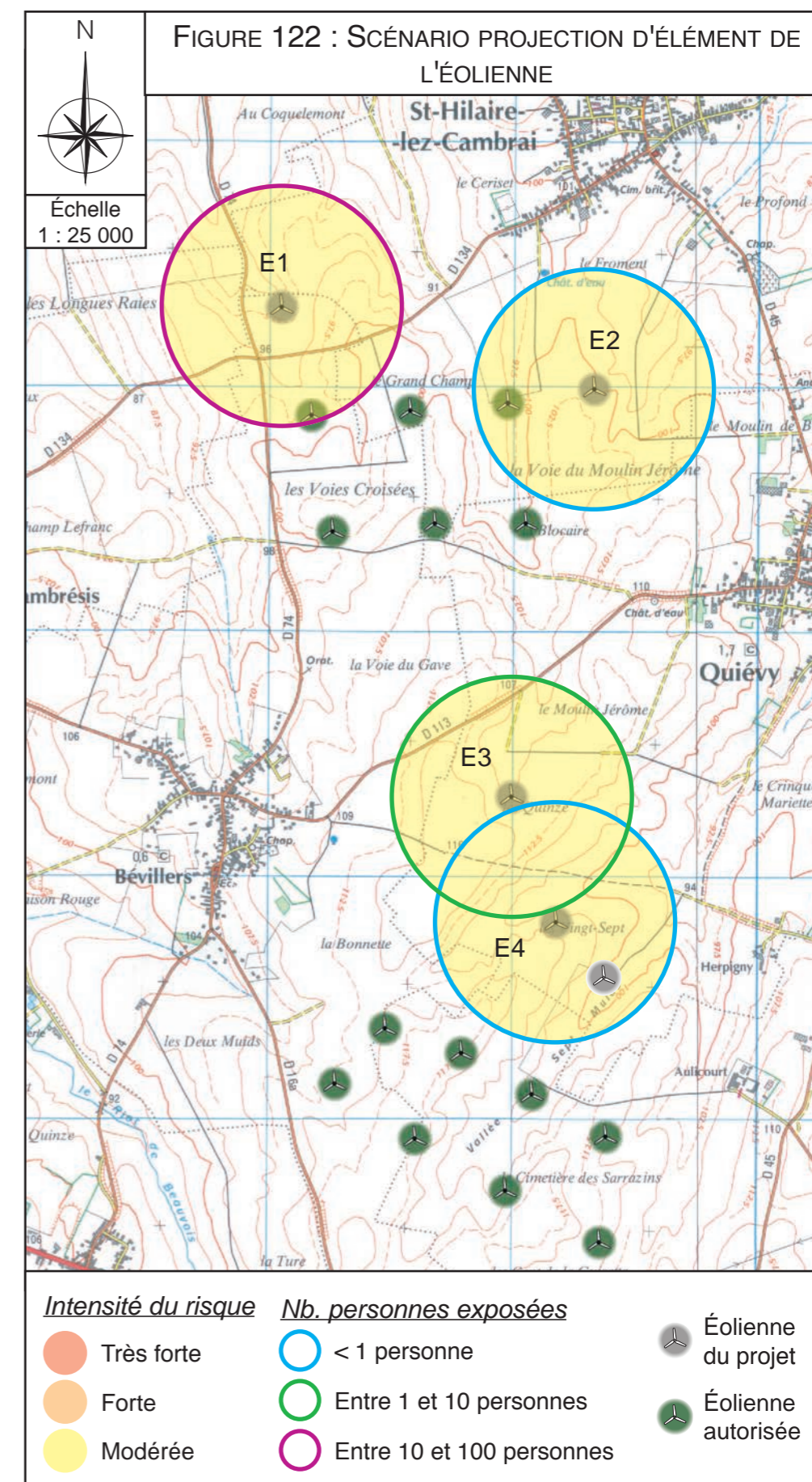
Éoliennes	E 101		
	E1	E3	E2 et E4
Diamètre du rotor (m)	101,0		
Nb. d'éoliennes du champ	4		
Hauteur du mât (m)	99,0		
Surface d'effet (m <sup>2</sup> )	785 398		
Diamètre du mât (m)	7		
Cinétique	Rapide		
Intensité	Modérée		
Fréquence (/an) et classe	10 <sup>-5</sup> à 10 <sup>-4</sup> (D)		
Gravité	Important	Sérieux	Modéré

Avec une classe de probabilité de "D", le risque de projection de tout ou partie de pale pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable par l'INERIS dans le cas d'un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 1000 dans la zone d'effet.

Les 5 fonctions de sécurité contribuent à rendre ce risque acceptable notamment pour l'éolienne E1, pour laquelle plus de 10 personnes équivalentes sont concernées.

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

Notons que si la classe de probabilité C était retenue, le risque serait encore acceptable.



## J.8.3 - EFFET DOMINO

### J.8.3.1 - Définition et méthode

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 » (description faite par l'Ineris<sup>1</sup>).

En ce qui concerne les accidents sur des aérogénérateurs qui conduiraient à des effets dominos sur d'autres installations, le paragraphe 1.2.2 de la circulaire du 10 mai 2010 précise : « [...] seuls les effets dominos générés par les fragments sur des installations et équipements proches ont vocation à être pris en compte dans les études de dangers [...]. Pour les effets de projection à une distance plus lointaine, l'état des connaissances scientifiques ne permet pas de disposer de prédictions suffisamment précises et crédibles de la description des phénomènes pour déterminer l'action publique ».

C'est la raison pour laquelle, 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 ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres.

Dans le cas du projet, aucune installation n'est présente à moins de 100 m des éoliennes.

1 : Dans *Guide technique - élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens*, Ineris 2012, p.48

## J.8.4 - MOYENS D'INTERVENTION ET DE LIMITATION DES CONSÉQUENCES

### J.8.4.1 - Rôle des différentes parties

Pour bien comprendre le fonctionnement des moyens d'intervention et de surveillance, il est nécessaire d'expliquer la répartition des rôles entre la société d'exploitation, Energieteam et Enercon, le constructeur retenu.

La société d'exploitation délègue la maîtrise d'ouvrage et l'exploitation du site à **Energieteam exploitation** via des contrats d'assistance à maîtrise d'ouvrage, de gestion technique et d'exploitation.

Le constructeur des éoliennes garantit les performances des machines durant la durée d'exploitation : production, performances acoustiques, maintenance préventive et contrôle visuel des éléments vitaux des machines.

Tous les constructeurs disposent d'un centre de supervision des éoliennes à partir duquel l'arrêt à distance des machines est possible ainsi que des équipes de techniciens d'astreintes 24h/24, 7j/7.

#### • Les missions d'Energieteam Exploitation en tant qu'assistance à Maîtrise d'ouvrage

- La sélection des intervenants nécessaires à la construction, des comptes rendus ;
- La négociation et conclusion des contrats de réalisation des travaux (lots : éoliennes, génie civil, lot électrique, voirie, divers),
- La réalisation des constats ou procédures préventives destinées à sauvegarder les intérêts du Maître d'Ouvrage :
  - La relation avec les tiers (autorités, services de l'État, EDF obligation d'achat, ERDF, FT, propriétaires, riverains,...),
  - Choix des assurances,
  - Réception des travaux,
  - Établissement des dossiers relatifs aux travaux exécutés,
  - Élaboration et suivi du budget et établissement du prix définitif du parc,
  - Contrôle et visa de dépenses engagées par le Maître d'Ouvrage, contrôle des situations de travaux, signature des décomptes généraux définitifs,
  - Missions juridiques.
- La préparation technique et la commande des diverses missions de contrôles à des sociétés spécialisés :
  - Étude géotechnique,
  - Coordination Sécurité Protection Santé,
  - Contrôle techniques : Génie civil et électrique,
  - Mise en place des bases vies du chantier,
  - Plans généraux de coordination et de contrôles.
- Le contrôle des obligations contractuelles et réglementaires des intervenants ;
- L'organisation régulière de réunions de chantiers et la diffusion

#### • Les missions d'Energieteam exploitation en tant que gestionnaire technique et exploitant du site

- Gestion technique :
  - Mise en place des Plans de prévention,
  - Gestion des sous-traitants (maintenance et autres),
  - Contrôle des accès aux équipements,
  - Suivi des contrôles réglementaires,
  - Suivi des maintenances,
  - Suivi de la mise en place de nouveaux systèmes nécessaires à l'exploitation du site (dispositifs d'échanges d'informations d'exploitations, monitoring postes, systèmes anti-intrusion, matériel de supervision),
- Inspections légales,
- Contrôle des habilitations du personnel et des sous-traitants intervenant sur site,
- Réalisation des suivis réglementaires prescrits par l'arrêté préfectoral,
- Consignation et dé-consignation des installations.



### J.8.4.2 - Chaîne d'alerte et moyens d'intervention

Les éoliennes fonctionnent de manière autonome, sans personnel sur site en permanence. Il est donc nécessaire de disposer d'un dispositif de télésurveillance et de gestion fiable.

L'accident principal nécessitant une action rapide et immédiate est avant tout l'incendie en nacelle ou en pied de mât. Vis-à-vis de ce risque, l'installation est équipée de détecteurs d'incendie, de détecteurs de fumée (un dans la tour et un dans la nacelle) qui, lors de leur déclenchement, conduisent à la mise à l'arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique.

Chaque éolienne est en outre dotée d'extincteurs, bien visibles et facilement accessibles, dans la nacelle et à la base du mât. Ces extincteurs ont pour vocation d'être utilisés en cas de problème lors d'opérations de maintenance (présence d'un opérateur sur site).

Les principaux paramètres de températures et de vitesses de rotation sont surveillés dans les différents organes de la machine. En cas d'anomalie, les détecteurs de température disposés dans la nacelle conduisent à des actions similaires aux détecteurs de fumée.

Le cheminement d'alerte provenant des éoliennes est assuré par le système SCADA de surveillance des machines. Les principaux paramètres de températures et de vitesses de rotation sont surveillés dans les différents organes de la machine. Les messages d'alertes sont acheminés jusqu'au centre de surveillance où ils sont automatiquement ré-adressés à Energieteam Exploitation par courriel et par SMS. En cas d'anomalie de fonctionnement grave, l'éolienne se met d'elle-même en arrêt et ne reprend son activité qu'après visite des techniciens de maintenance.

La transmission des informations concernant le couplage et de découplages du parc au réseau sont assurées par l'automate du poste de livraison qui envoie des SMS d'alertes et de situation à Energieteam exploitation.

Energieteam exploitation dispose d'un service d'astreinte, 24h/24, 7j/7. Une personne d'astreinte dispose d'un téléphone dédié à l'exploitation où arrivent tous les messages, ainsi qu'à un accès au système SCADA pour pouvoir superviser l'ensemble des parcs éoliens à distances.

Ce dispositif permet de déclencher les interventions sur site (normalement de maintenance). En cas d'incident grave sur le parc, la personne d'astreinte peut prévenir si besoin les autorités compétentes et les services de secours.

Le centre de secours le plus proche est celui de Caudry (rue du 8 mai 1945). Les secours peuvent donc être sur les lieux en une dizaine de minutes.

Enfin les enseignements retirés des anomalies ou des accidents constatés sont pris en compte pour éviter le renouvellement de ces dysfonctionnements.

- Supervision des éoliennes :
  - Supervision à distance (fonctionnement),
  - Suivi des levées de réserve,
  - Visites de contrôle des abords et contrôle visuel des machines et du poste de livraison,
  - Participation aux dossiers d'audits,
  - Suivis des interventions sur sites (maintenances, dépannages, contrôles sécurité...),
  - Reporting au maître d'ouvrage.
- Le suivi des contacts avec la conduite du réseau :
  - Autorisation et manœuvres d'exploitation (couplage),
  - Gestion de la facturation de l'électricité produite.
- Analyses d'exploitation :
  - Archivage des données commerciales, contractuelles, de production, d'exploitation,
  - Analyses de production et réglage des machines,
  - Contrôle des performances (courbes de puissance, comparaison aux données constructeur, contrôle des compteurs, calcul de perte, etc.),
  - Réglages acoustiques (vérifications du respect des paramétrages, conformité acoustique du site).
- Le suivi local :
  - Relations avec les riverains, les élus, et l'administration,
  - Réponses aux demandes de renseignements extérieures (DR et DICT),
  - Suivi des mesures compensatoires,
  - Suivi des mesures de rétablissement de la réception hertzienne,
  - Études ornithologiques et acoustiques complémentaires,
  - Gestion des baux, loyers et indemnités.
- Astreintes et sécurité :
  - Consigner ou faire consigner les installations,
  - Présence de personnel habilité pour exploiter, manœuvrer et consigner les postes
  - Astreinte d'exploitation 24h/24, 7j/7,
  - Coordonner les actions sur site, les risques et mise en place des Plans de Préventions et de l'affichage réglementaire,
  - Donner l'alerte aux services de secours et autres organismes concernés en cas d'incident grave sur le parc,
  - Autorisation et manœuvres d'exploitation (demande de découplage des installations).

## J.8.5 - SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

Le parc éolien du Moulin de Jérôme est composé de 4 éoliennes dans un espace de cultures. Cette situation des éoliennes en pleins champs induit une faible présence humaine.

Par la proximité de l'éolienne E1 à 2 routes départementales, l'estimation du nombre de personnes équivalentes s'élève toutefois à près de 10.

Les intensités variant en fonction du ratio zone d'impact / zone d'effet, les scénarios effondrement de la machine et chute d'un élément (cas majorant de la pale) ont des intensités fortes tandis que pour les autres scénarios l'intensité est modérée.

La gravité du phénomène, résultant de l'intensité et du nombre de personnes exposées, n'est jamais plus que "modérée" ou "sérieuse" dans le cas du parc du Moulin de Jérôme, sauf pour le scénario de projection d'élément pour l'éolienne E1 où le seuil de la gravité "importante" est atteint.

La gravité du phénomène comparée à sa probabilité d'occurrence renseigne sur son acceptabilité. Ainsi le niveau de risque est jugé acceptable pour tous les scénarios.

Pour chacun des 4 aérogénérateurs, l'ensemble des scénarios étudiés et les paramètres de cinétique, intensité, probabilité et gravité qui leur sont associés sont synthétisés dans le tableau suivant.

En synthèse, les scénarios retenus sont reportés dans la grille de criticité suivante (voir aussi "J.8.1.5 - Acceptabilité du risque", page 344).

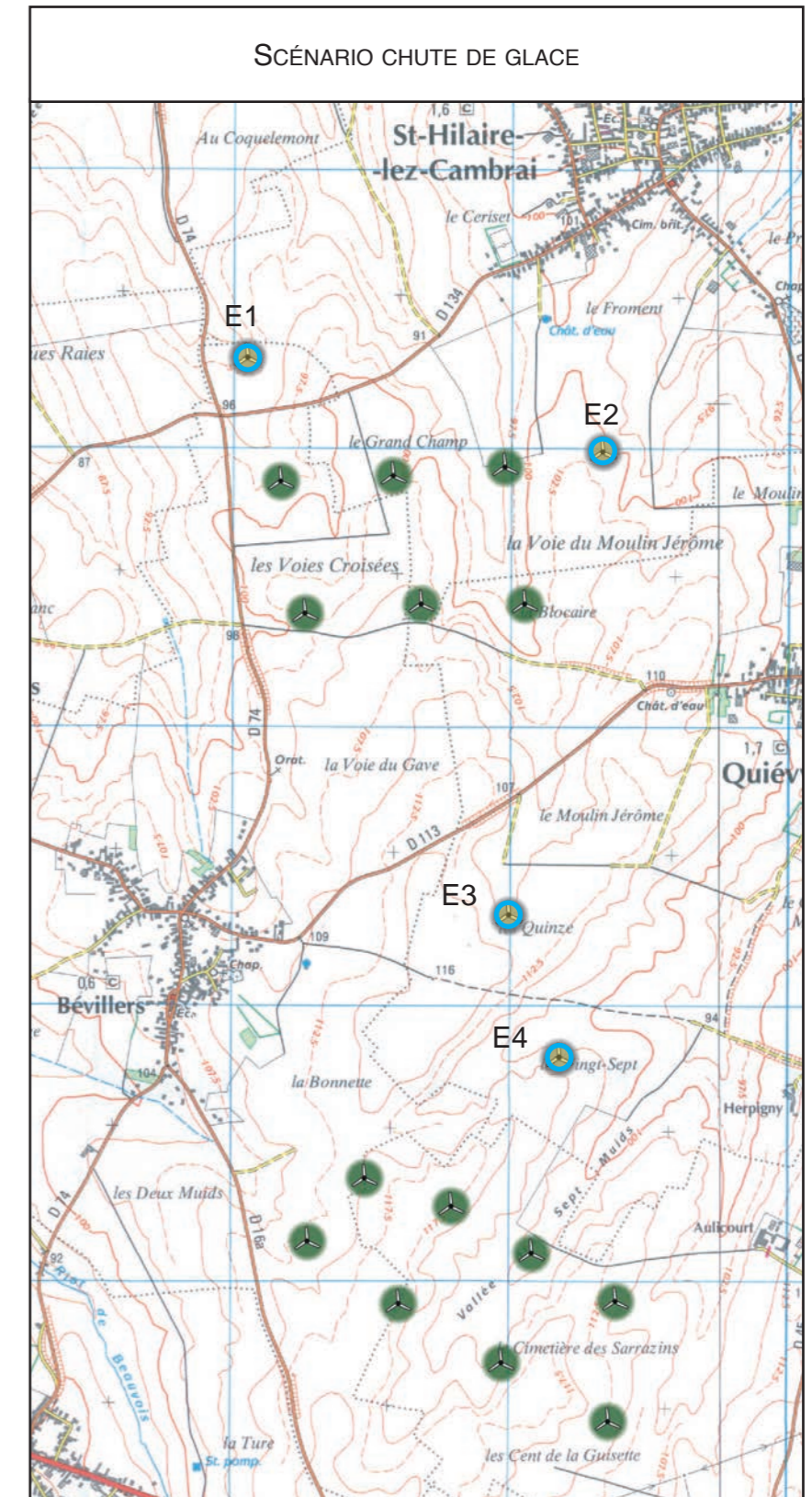
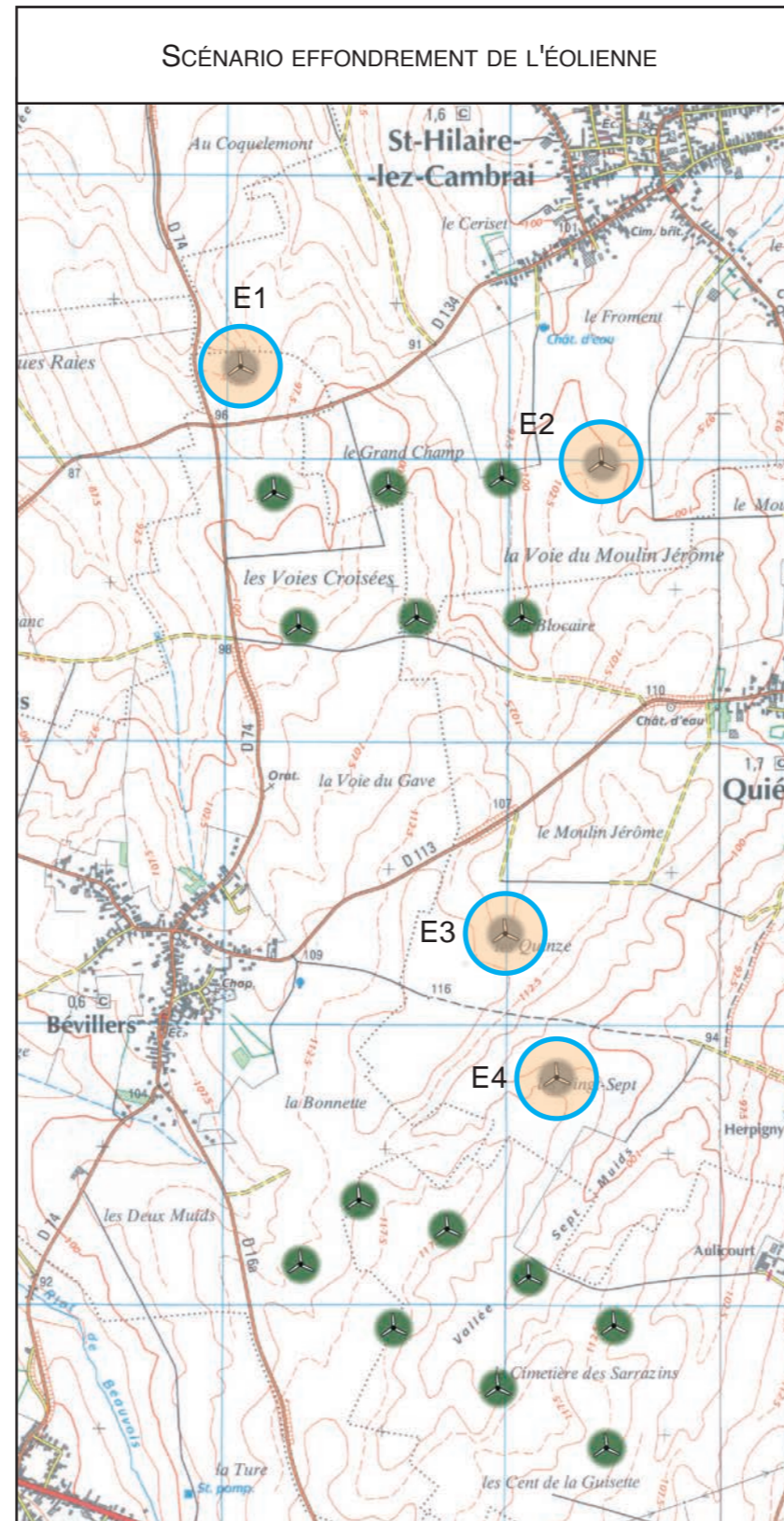
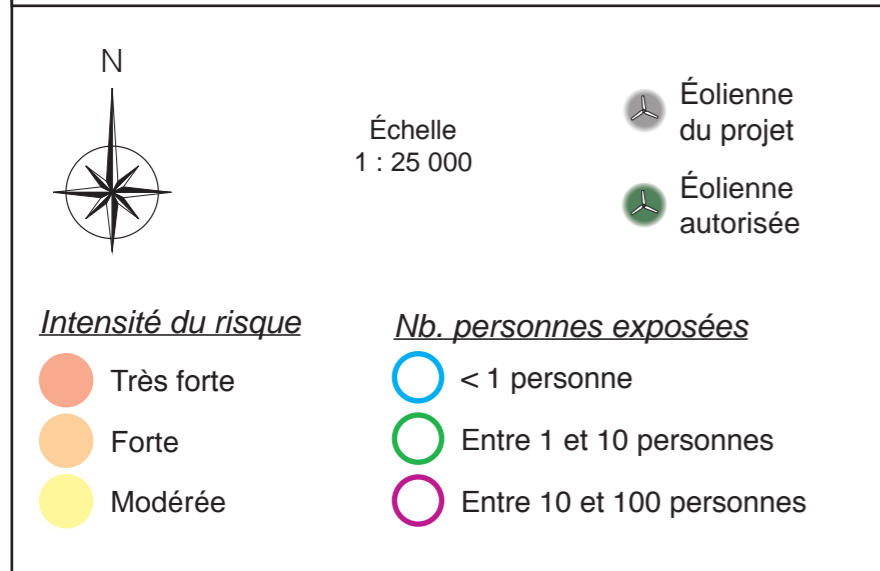
Gravité	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5. Désastreux					
4. Catastrophique					
3. Important		<u>Projection d'élément : E1</u>			
2. Sérieux		<u>Effondrement.</u> <u>Projection d'élément : E3</u>	<u>Chute d'élément</u>	<u>Projection de glace : E1</u>	
1. Modéré		<u>Projection d'élément : E2 et E4</u>		<u>Projection de glace : E2 à E4</u>	<u>Chute de glace</u>

Rappel de la légende des couleurs :

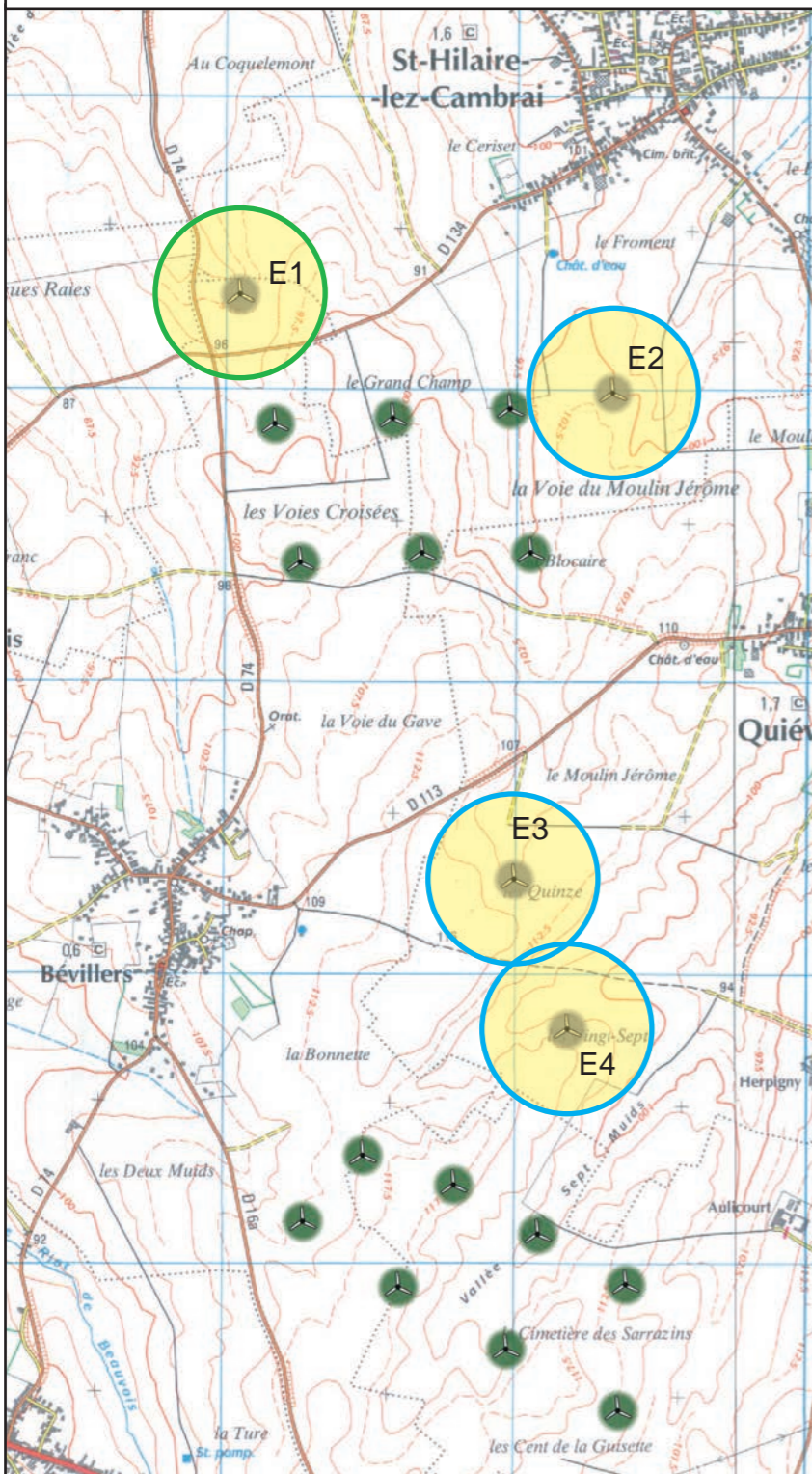
- Zone de risque élevé (non acceptable)
- Zone de mesures de maîtrise du risque
- Zone de risque moindre

Événement	Zone d'effet (m <sup>2</sup> )	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité	Nombre de personnes exposés selon l'éolienne et l'évènement considérés				Fonctions de sécurité	Niveau de risque	
						E1	E2	E3	E4			
Effondrement	70 686	Rapide	Fort	D	<u>Sérieux</u>	0,08				Prévenir la survitesse Prévenir les courts-circuits Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage Prévenir les erreurs de maintenance Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	Acceptable	
Chute de glace	8012		Modéré	A	<u>Modéré</u>	0,01				Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Acceptable	
Chute d'élément			Fort	C	<u>Sérieux</u>	0,01				Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace Prévenir la survitesse Prévenir les effets de la foudre Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage Prévenir les erreurs de maintenance Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	Acceptable	
Projection de glace			282 743	Modéré	B	<u>Sérieux</u> : E1, <u>Modéré</u> : E2 à E4	5,60	0,32 à 0,35			Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale			785 398	Modéré	D	<u>Important</u> : E1, <u>Sérieux</u> : E3, <u>Modéré</u> : E2 et E4	10,06	0,92	3,64	0,91	Prévenir la survitesse Prévenir les effets de la foudre Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage Prévenir les erreurs de maintenance Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	Acceptable

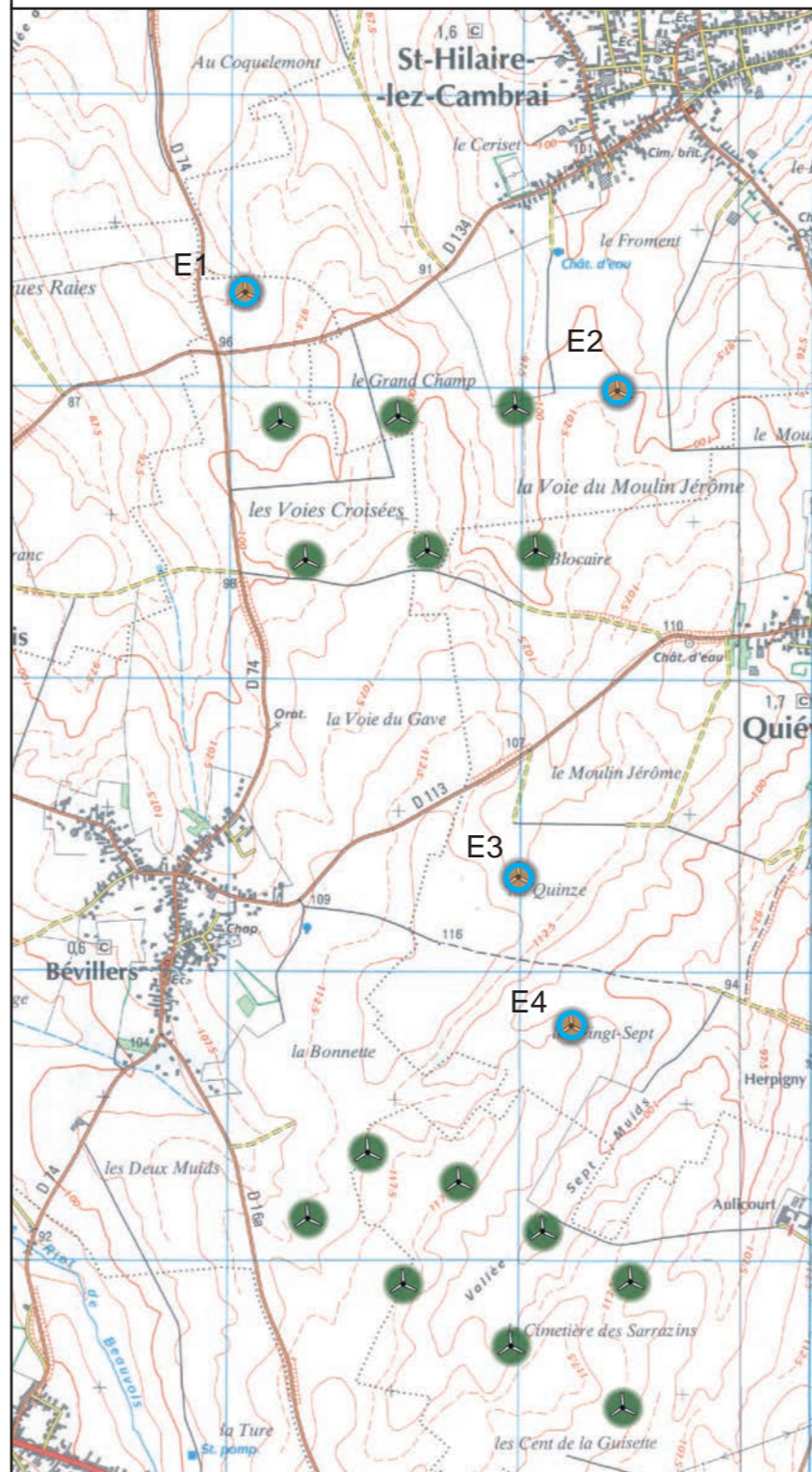
FIGURE 123 : RISQUES LIÉS AUX SCÉNARIOS DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES ET LEURS ZONES D'EFFET SPÉCIFIQUES



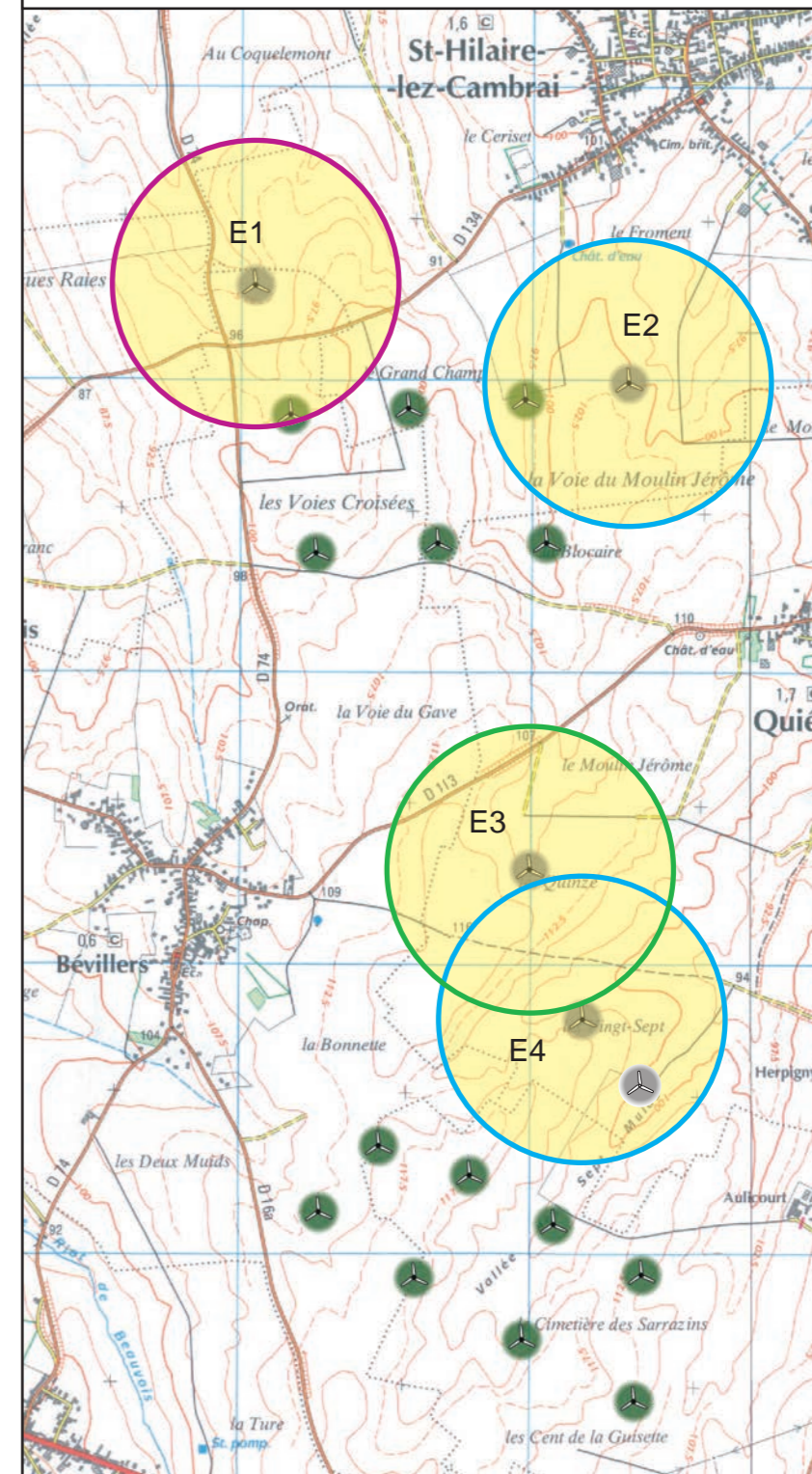
SCÉNARIO PROJECTION DE GLACE

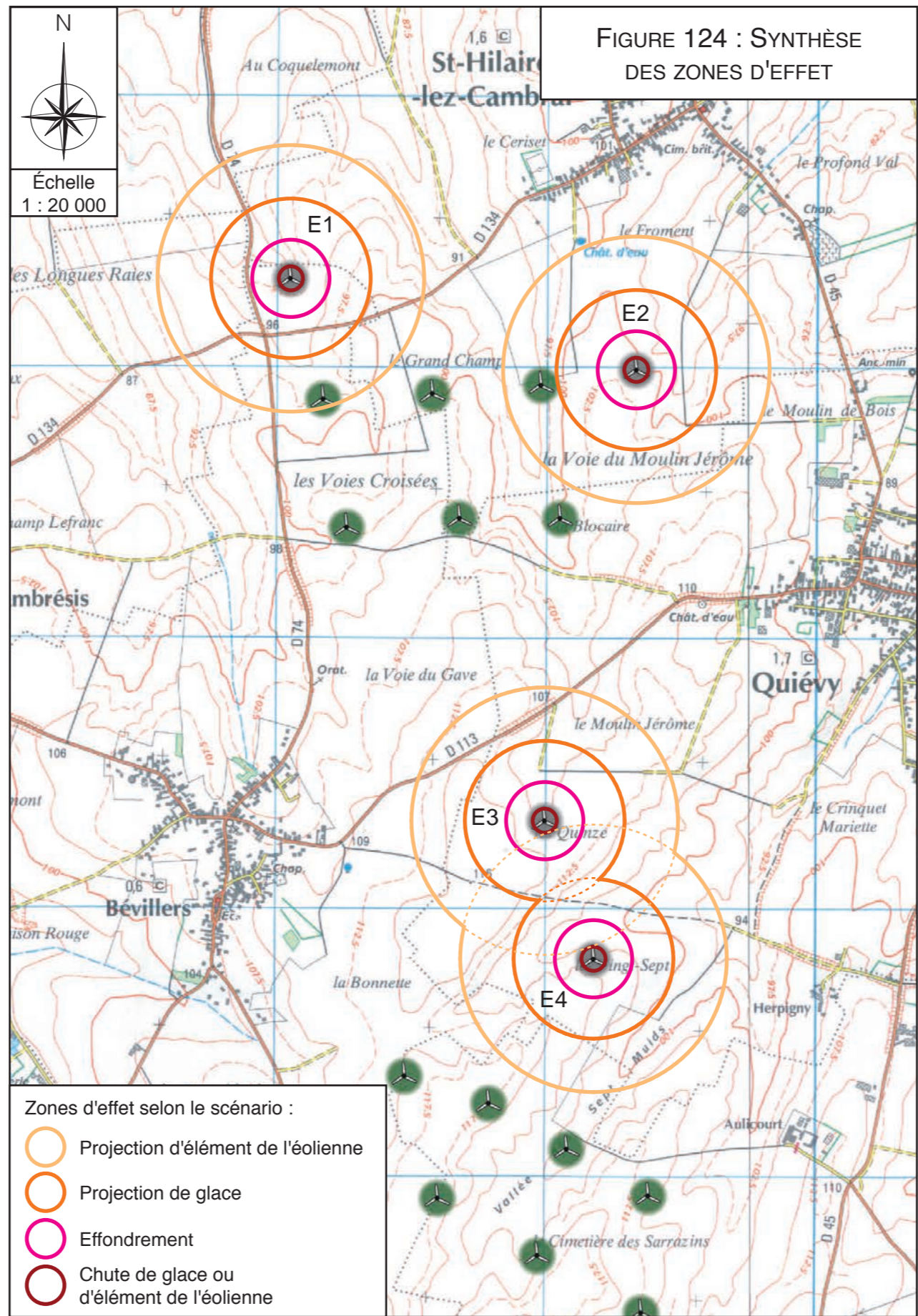


SCÉNARIO CHUTE D'ÉLÉMENT DE L'ÉOLIENNE



SCÉNARIO PROJECTION D'ÉLÉMENT DE L'ÉOLIENNE





# K - MÉTHODES UTILISÉES ET DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

L'objectif de cette partie est, d'une part, de préciser les méthodes utilisées pour établir l'état initial et évaluer les effets du projet sur l'environnement ainsi que les raisons ayant amené au choix de la méthode utilisée et, d'autre part, de décrire les éventuelles difficultés techniques ou scientifiques rencontrées.

## K.1 - MÉTHODOLOGIE EMPLOYÉE LORS DE LA RÉALISATION DE L'ÉTAT INITIAL

Pour la réalisation de l'état initial, les contraintes du site ont été étudiées d'après les données existantes (géologie, climatologie,...). Ces recherches ont été complétées par la réalisation d'études spécifiques sur l'avifaune et les chiroptères notamment.

La flore du site n'a pas fait l'objet d'inventaire particulier. Ces différents types de milieux ont été identifiés lors des prospections avifaune et chiroptères.

Ces études ont été reprises et approfondies dans le cadre de l'étude d'impact pour aboutir à la réalisation d'une implantation raisonnée et la prise de décision concernant le choix de mesures compensatoires et d'accompagnement les plus pertinentes.

### K.1.1 - RECENSEMENT DES DONNÉES

L'évaluation des impacts nécessite une bonne connaissance de l'état initial.

Le recensement des contraintes a tout d'abord été réalisé à partir de données bibliographiques et d'informations recueillies auprès de divers organismes, collectivités et responsables qualifiés en la matière :

- le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) - cartes géologiques et hydrogéologiques,
- Météo France - données climatologiques,
- l'Agence Régionale de la Santé (ARS),
- la Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM) - Service de l'Environnement (données sur les risques naturels),
- RTE, France Télécom, GRDF, ERDF, ANFR - données sur les réseaux,
- la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) des Hauts-de-France - milieux aquatiques, milieu naturel, paysages...,
- l'Agence de l'eau Artois-Picardie - données hydrologiques sur les cours d'eau, données sur le SDAGE,
- l'Institut Géographique National (IGN) - carte topographique,
- la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt (DDAF) et Agreste - données sur les activités agricoles,
- la Direction Régionale des Affaires Culturelles (DRAC) des Hauts-de-France, services de l'Archéologie et des Monuments Historiques,
- ATMO Nord-Pas-de-Calais / Hauts-de-France - qualité de l'air,
- l'INSEE - Inventaires communaux,
- les Communautés de Communes et les différentes communes concernées - données sur l'urbanisme et l'occupation du sol,...

## K.1.2 - ÉTUDE AVIFAUNE

La campagne de prospection a été réalisée durant un cycle annuel complet, à savoir :

- Une prospection en hiver 2010, afin d'identifier l'avifaune hivernante
- Trois prospections au printemps 2010, afin de déterminer l'avifaune en migration pré-nuptiale, puis l'avifaune nicheuse
- Deux prospections en été 2011, dans le but d'identifier les espèces sédentaires
- Trois prospections en automne 2010, pour constater les mouvements migratoires post-nuptiaux

Deux méthodes différentes mais complémentaires ont été utilisées.

### • L'Indice Ponctuel d'Abondance (I.P.A.)

Il consiste, au cours d'une session de comptage, à noter l'ensemble des oiseaux observés ou entendus pendant 20 minutes, à partir d'un point fixe dans la zone d'implantation potentielle ou à ses abords.

Tous les contacts visuels et/ou auditifs sont notés sans limitation de distance.

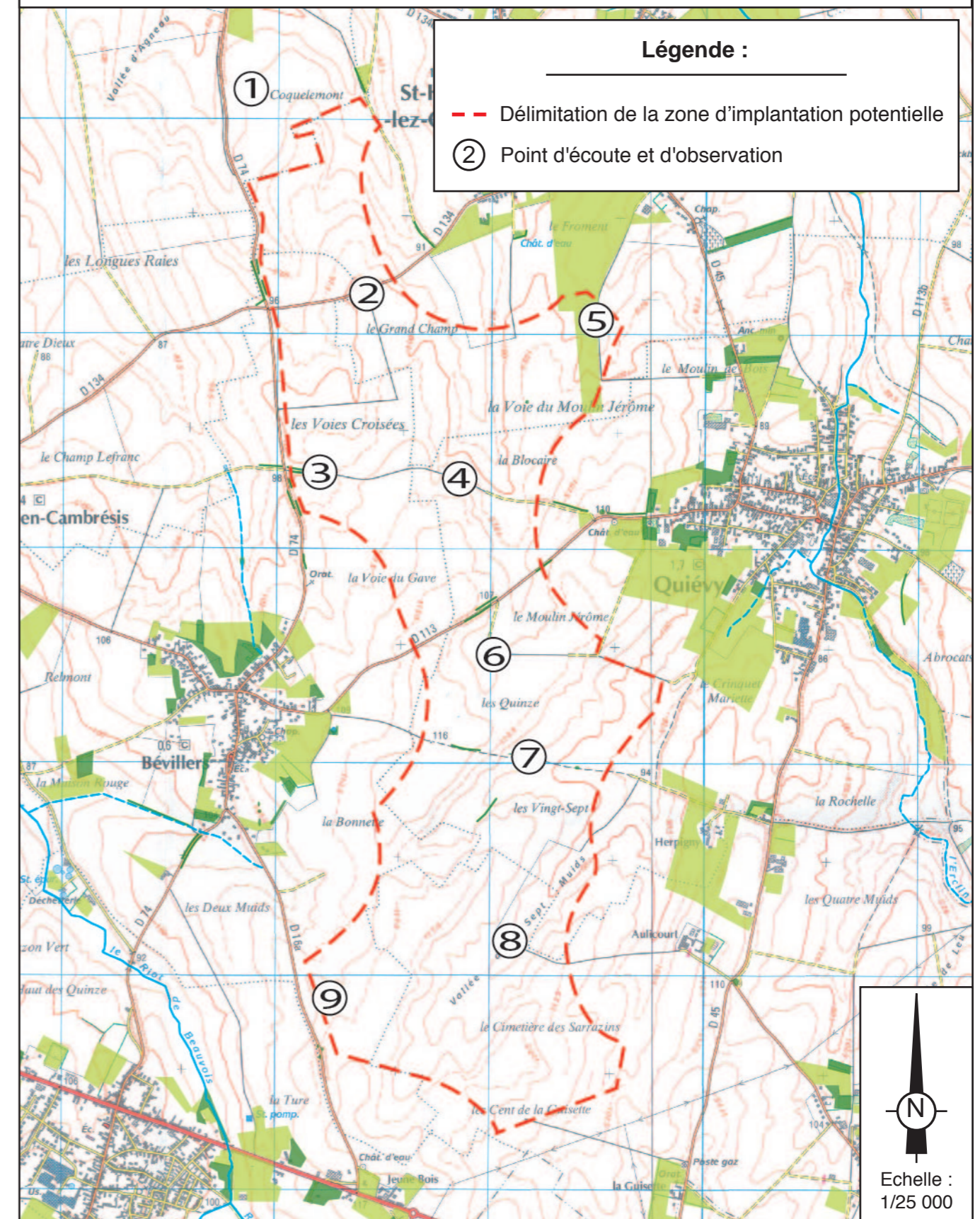
Neuf points d'écoute et d'observation représentatifs de la zone d'implantation potentielle ont donc été réalisés (Figure 125) :

- point n° 1 : en milieu cultivé, proche d'une prairie, au lieu-dit «Au Coquelemont»
- point n° 2 : en milieu cultivé au Nord du lieu-dit «le Grand Champ»
- point n° 3 : en milieu cultivé et bordure de haie au Sud du lieu-dit «les Voies croisées»
- point n° 4 : en milieu cultivé à l'Ouest du lieu-dit «la Blocaire»
- point n° 5 : en bordure d'une prairie au Nord de «la Voie du Moulin Jérôme»
- point n° 6 : en milieu cultivé au Sud-Ouest du lieu-dit «le Moulin Jérôme»
- point n° 7 : en milieu cultivé au Nord du lieu-dit «les Vingt-Sept»,
- point n° 8 : en milieu cultivé au Nord du lieu-dit «le cimetière des Sarrazins»
- point n° 9 : en milieu cultivé au Sud-Est du lieu-dit «les Deux Muids»

### • La recherche qualitative

La recherche qualitative consiste à parcourir l'ensemble des milieux concernés par le projet d'implantation des éoliennes, mais aussi les milieux remarquables situés à proximité (groupement de bois, haies) dans le but de dénombrer et d'identifier le plus d'oiseaux possible.

FIGURE 125 : LOCALISATION DES POINTS D'ÉCOUTE ET D'OBSERVATION DE L'INDICE PONCTUEL D'ABONDANCE





### **K.1.3 - MÉTHODOLOGIE CHIROPTÈRES**

La méthodologie utilisée et développée ci-après s'appuie en particulier sur les recommandations du «Protocole d'étude chiroptérologique sur les projets de parc éolien» validé en août 2010 par le SER (Syndicat des Energies Renouvelables), la SFPEM (Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères) et la LPO (Ligue pour la Protection des Oiseaux).

Elle comprend de ce fait :

- une analyse bibliographique (contexte général, données sur le secteur),
- une identification des milieux présents ainsi que de leur potentialité pour les chiroptères,
- une phase d'inventaire des espèces fréquentant le site,
- une interprétation des résultats des inventaires effectués,
- l'évaluation des risques du projet,
- la définition de mesures compensatoires.

Deux aspects sont pris en compte :

- les populations locales qui utilisent le site pour leur vie quotidienne (chasse par exemple),
- les phénomènes de migration, qui peuvent concerner des populations n'utilisant pas habituellement le site mais qui le traversent au moment des déplacements entre lieu d'hivernage, lieu de vie et de mise bas.

Plus largement, l'étude comprend donc trois phases :

- le pré-diagnostic,
- les prospections,
- les interprétations.

#### **K.1.3.1 - Le pré-diagnostic**

C'est une étape préliminaire, qui a pour objectif d'évaluer les enjeux chiroptérologiques potentiels de la zone d'étude à partir de la compilation des données existantes (sur les espèces présentes) et surtout d'une analyse des habitats et des structures paysagères.

Il faut donc, tout d'abord rechercher si des documents sérieux attestent de la présence de telle ou telle espèce que ce soit au niveau régional (référentiels, listes rouges) ou à un niveau plus local (ZNIEFF, zones Natura 2000, données des associations naturalistes locales...).

La SFPEM recommande de rechercher et de prospector dans les cavités environnantes, ainsi que dans les bâtiments des villages voisins. Cette démarche présente des inconvénients :

- d'abord des cavités peuvent être présentes mais non détectables (une ouverture de quelques centimètres peut suffire aux chiroptères, et ne sera pas facilement repérable sur le terrain),
- ensuite la présence de cavités, même à proximité du site et occupées par des chiroptères, n'implique pas nécessairement que les individus vont fréquenter la zone d'implantation (cas de cavités s'ouvrant sur une vallée, avec un projet sur le plateau),
- enfin, il n'est pas, dans la pratique, évident d'aller inspecter tous les greniers ou granges d'un village (problème des autorisations, des délais...), et de même la présence de pipistrelles ou autre dans le village voisin, n'implique pas forcément leur présence sur le site du projet.

Nous procédons donc à la recherche de cavités à proximité, c'est-à-dire sur la zone d'implantation potentielle et ses alentours, jusqu'à une distance de l'ordre d'un à deux kilomètres (base de données du BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières, et autres sources disponibles), et par l'identification des sites connus comme recelant des chiroptères, à partir des documents accessibles (public), sur une distance de l'ordre de 10 kilomètres par rapport au projet.

En croisant la localisation des sites d'hivernage connus avec celle des territoires d'activité estivale, il est possible de définir, à grande échelle, des axes de migration potentiels, afin notamment de situer le site par rapport à ceux-ci.

Ensuite, il devient nécessaire de déterminer si le territoire concerné par le projet d'implantation est approprié ou non pour constituer un lieu de vie pour les chauves-souris et dans quelle mesure.

En effet, les chauves-souris ont une façon bien à elles d'évoluer dans le paysage, qui même si elle varie en fonction des espèces, correspond globalement à des règles bien déterminées.

Pour chasser, la plupart des chauves-souris ont besoin d'éléments structurants dans le paysage ; elles chassent dans les bois et forêts, dans des milieux où se trouvent des points d'eau à la surface desquels elles volent ou dans des lieux dotés d'éléments structurants

(haies, alignement d'arbres, chemins creux, talus...). Pour la plupart des espèces, les individus chasseurs ne s'éloignent pas de ces structures, sauf pour effectuer des déplacements locaux.

Les espèces qui s'éloignent de ces lieux bien structurés et effectuent des déplacements d'une distance dépassant plusieurs centaines de mètres sont rares (par exemple la Grande Noctule).

Il semble aussi que même dans leurs phases migratrices, les chauves-souris s'orientent par rapport à des lignes conductrices comme par exemple les grandes rivières et migrent sur un front très étendu. Au cours de leur migration, elles doivent trouver des lieux de stationnement dans le paysage dont les structures sont appropriées à leurs besoins pour faire escale.

Une absence de lignes structurantes sur un territoire est peu propice à une présence importante de chauves-souris puisqu'elles s'y appuient pour chasser et migrer. A noter que ces éléments peuvent être peu perceptibles a priori, comme par exemple un chemin légèrement creux.

Cette partie du dossier est réalisée essentiellement à partir de cartes topographiques et photos aériennes. Elle est ensuite complétée par des investigations sur le terrain.

### **K.1.3.2 - Les prospections**

Lorsque les éléments structurants et les autres enjeux potentiels du site ont été identifiés, on peut procéder aux prospections. Les chiroptères étant des animaux nocturnes, ces dernières ont lieu la nuit (essentiellement au crépuscule qui est la période la plus favorable).

Les chauves-souris sont identifiées selon deux méthodes :

- la perception visuelle

Même à la tombée de la nuit, il est possible de distinguer le vol de ces animaux. Celui-ci nous indique d'abord leur présence, et dans une certaine mesure, l'observation permet aussi de pressentir quelles espèces sont présentes (taille des individus, type de vol).

La recherche visuelle est également réalisée à l'aide d'un appareil de vision nocturne avec grossissement 5X42 et illuminateur infrarouge (Ykon modèle Ranger 28041), capable d'enregistrer les observations (film numérique). Le dispositif permet de voir jusqu'à 250 m (sous certaines conditions). On peut aussi utiliser simplement un projecteur.

- L'écoute

Les chiroptères émettent pour se repérer dans l'espace des ultrasons, non perceptibles par l'oreille humaine, mais qui peuvent être captés par des appareillages spécialisés. Cela se fait avec différents types de détecteurs, selon différents modes de détection (voir page suivante).

- Le mode hétérodynage :

Le mode hétérodynage consiste à transformer électroniquement un signal ultrason inaudible à l'oreille humaine, en un signal dans la bande de fréquence audible.

Ce procédé permet d'identifier la gamme de fréquence de l'émission originale (on perçoit le son de la fréquence sur laquelle on règle l'appareil) ainsi que, dans une certaine mesure, la forme (amplitude et variation) et la modulation (rythme) du signal. Ce mode permet d'identifier certaines espèces qui émettent dans une gamme de fréquence bien spécifique, mais aussi grâce parfois à la forme et modulation du signal. Les inconvénients de cette technique sont que seuls les signaux sur la bande choisie sont captés (on compense cela en balayant la bande de fréquences ultrasons) et que la détermination doit être immédiate, ce qui est parfois délicat.

Pour le mode hétérodynage, nous utilisons le Pettersson D 240x.

- Le mode expansion de temps :

Le mode expansion de temps consiste à enregistrer un signal en «l'étirant dans le temps», afin de disposer d'une «image acoustique» de meilleure qualité. Cette technique est similaire à un enregistrement sur un magnétophone tournant à grande vitesse, et que l'on écoute ensuite à une vitesse normale. Ainsi l'enregistrement du signal induit beaucoup moins d'altérations. Cela permet une analyse plus fine et rend possible la distinction entre différentes espèces acoustiquement proches.

Le détecteur Petterson D240x dispose de ce mode de fonctionnement.

#### Application sur le terrain :

Dans un premier temps, on cherche à repérer si des contacts sont identifiables. Pour cela on utilise le mode hétérodynage et on balaie la gamme d'ultrasons à l'aide de la molette de l'appareil. La fonction hétérodynage signale par des bits les émissions d'ultrasons.

On dispose alors d'un premier critère d'identification auquel s'ajoutent les informations visuelles (taille de l'espèce, allure du vol). Grâce à cette première technique, on peut repérer les signaux nécessitant un enregistrement en expansion de temps. Ceux-ci bénéficieront d'une analyse plus fine sur ordinateur (logiciel Batsound).

Lorsqu'une séquence sonore est continue et qu'une ou plusieurs chauve-souris restent chasser dans un secteur restreint à proximité du point d'écoute, chaque tranche de cinq secondes est assimilée à un contact (selon les recommandations du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer). Il s'agit en effet d'une mesure du niveau d'activité et pas strictement de l'abondance des chauve-souris.

En principe chaque espèce émet selon un spectre d'ultrason spécifique. Toutefois, certaines d'entre-elles présentent des plages communes, voire un spectre identique (ex : Vespertilion à moustaches et Vespertilion de Brandt). L'identification se fait donc en fonction de la fréquence d'émission, mais également et surtout par l'analyse de la modulation du son.

Pour l'écoute, deux techniques complémentaires sont utilisées :

- les points d'écoute de 10 minutes disposés en des endroits stratégiques du territoire (croisée de chemins, haies...)
- le déplacement lent le long des éléments structurants (haie, chemin...) que l'on appellera «parcours écoute». Ce dernier relie les différents points d'écoute et se réalise en voiture à vitesse lente sur les chemins carrossables du site, ceci afin de couvrir le maximum de surface et de mettre en évidence la présence de «corridors» de déplacements

Ces techniques permettent d'identifier toute espèce présente, dans la mesure où elle évolue dans le champ de portée de l'appareil (30 à 40 m).

La méthodologie de prospection se déroule de façon à couvrir l'ensemble des habitats de la zone d'étude.

#### Les périodes de prospection comprennent :

- le printemps et l'automne

L'objectif est surtout de savoir si des passages de type migratoire sont identifiables.

En plus des vols aux trajectoires zigzagantes (comportement de chasse), on recherche donc aussi les trajectoires directes (traversée du site).

La prospection réalisée par écoute simple sur des points fixes est complétée par l'observation avec jumelles de vision nocturne (Ykon Ranger 28041). Celles-ci permettent de mettre en évidence des vols en hauteur, mais ne garantissent pas une identification formelle de l'espèce concernée. Les hauteurs de vol sont également assez difficiles à évaluer.

Les prospections de printemps vont être déclenchées en fonction des températures extérieures et surtout des premiers pics d'éclosion d'insectes, qui sont la source de nourriture des chiroptères, et leur motivation pour la migration. Celles d'automne seront effectuées avant la baisse significative des températures et la pénurie d'insectes.

- l'été

Il s'agit ici de définir les conditions d'utilisation du site par les espèces qui lui sont accoutumées. En ce cas, on privilégie les écoutes fixes et en déplacement le long des éléments structurants. L'identification des chiroptères est plus facile car on dispose aisément de leur signal acoustique en plus de notre observation (hauteur de vol généralement faible). On peut donc définir quelles espèces côtoient le site, le taux de fréquentation ou d'activité (nombre de contacts) ainsi que les zones les plus attractives.

La méthodologie développée permet de garantir qu'une espèce fréquentant le site sera repérée et identifiée (même si parfois, pour quelques rares cas, il peut y avoir un doute sur l'identification précise, ce qui est alors indiqué dans le rapport).

Bien entendu une fréquentation «accidentelle» (présence ponctuelle sur le site, et qui ne se reproduit pas) ayant lieu en dehors des périodes de prospections peut être

«loupée». Mais il ne s'agit pas alors d'une présence significative et il n'y aurait de toute façon aucune raison de la prendre en compte dans le projet.

### **K.1.3.3 - Les Résultats et interprétations**

Dans un premier temps, les différentes espèces de chiroptères identifiées suite aux prospections sont mentionnées. Puis, en fonction de leur fréquentation et habitudes de vol sur le site et de leur biologie, il devient possible d'estimer les conséquences de l'implantation d'un parc éolien.

Les impacts encourus peuvent sérieusement diverger selon qu'il s'agisse d'espèces migratrices ou pas mais aussi selon la présence ou non, proche ou pas, de milieux attractifs pour les chauves-souris (gîtes d'hibernation, zones humides...).

Plusieurs études antérieures peuvent aider à l'interprétation des résultats de part leurs conclusions et constats si le contexte s'avère relativement similaire (mêmes espèces rencontrées, milieux semblables...).

En fonction de la valeur estimée des impacts encourus par les populations de chiroptères du site, des mesures compensatoires et accompagnatrices plus ou moins importantes sont ensuite définies. Celles-ci peuvent consister en l'aménagement ou la création d'habitats favorables aux chauves-souris suite à une dégradation ou destruction programmée de leur écosystème initial par le projet éolien ; en l'abandon de l'emplacement prévu pour certaines machines jugées trop dangereuses ; ou encore en la nécessité d'effectuer un complément d'étude ou un suivi post-implantation.

## K.1.4 - IMPACTS SONORES

Pour la réalisation de l'étude d'impact acoustique du projet, la démarche suivante a été adoptée :

- Intervention sur site

Echopsy effectue une visite avant la mise en œuvre des mesures de manière à identifier les zones visées et à orienter si besoin le positionnement et le nombre de point de mesure.

Les points de mesure du bruit résiduel ont été choisis parmi les ZER, en fonction de leurs expositions sonores vis-à-vis des éoliennes, des orientations de vent dominant et de la topographie de la végétation, etc... Ils sont représentatifs de l'environnement sonore de la zone de projet et ses environs et permettent une extrapolation de leurs résiduels vers des récepteurs ayant une ambiance sonore comparable et n'ayant pas fait l'objet de mesures.

Compte tenu de la disposition des communes autour de la zone d'étude, nous avons retenu des points de mesures auprès de chacune des communes et hameaux entourant la zone d'étude.

Les positions de mesures proposées entourent la zone d'étude de manière à évaluer la situation initiale dans toutes les directions. Les points de mesures sont au nombre de 11. Les zones entourant nos mesures sont en zone agricole et les zones ouvertes à la construction sont en retrait par rapport à nos points.

Le choix des points de mesure dépend de la proximité potentielle des habitations au projet, de la topographie du site et de la végétation. Enfin il est nécessaire d'avoir l'accord des riverains pour la mesure.

- Constat initial

Lors des mesures d'évaluation de l'état initial, les mesures sont menées suivant le projet de norme projet de norme prNFS31-114 ainsi que la norme homologuée NFS31-010.

- Norme NF-S 31.010, décembre 2008 : Relative à la caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement. Instruction de plaintes contre le bruit dans une zone habitée.
- Projet de norme PrNF31-114 : Relatif à la méthode de mesurage et d'analyse des niveaux de bruit dans l'environnement d'un parc éolien.

Le matériel est de classe 1, conformément à la norme IEC 61672.

La campagne de mesure a été réalisée du 5 juillet au 5 août 2011. Les périodes de pluies sont relevées par un pluviomètre, puis retirées de l'analyse.

- Indicateur de bruit utilisé

L'indicateur retenu pour l'analyse est systématiquement l'indice L50 [10 minutes] calculé à partir des LAeq [1 seconde] sur les échantillons analysés.

L'utilisation de l'indicateur L50 va écarter 50% des bruits atteints ou dépassés pendant l'intervalle de mesure. Ce choix permet notamment de lisser les écarts pouvant intervenir entre les saisons ou bien d'atténuer l'effet d'événements ponctuels durant la mesure.

- Remarque sur l'exploitation acoustique des mesures

Les niveaux sonores dans l'environnement, qu'ils soient naturels ou liés à des activités humaines, varient en permanence.

Le vent (de par sa force et sa direction), la température, l'humidité et la période de la journée sont, entre autres, des paramètres influents sur la portée et la création des bruits, donc sur les niveaux sonores mesurés en extérieur.

Les situations mesurées sont analysées en exprimant les échantillons de mesure en fonction des vitesses de vent rencontrées. Ces nuages de points traduisent la variabilité de l'environnement sonore en fonction d'un ensemble de paramètres définissant un ensemble de conditions homogènes.

## K.2 - MÉTHODE D'ÉVALUATION DES EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT

### K.2.1 - IMPACTS PAYSAGERS

La démarche paysagère s'est appuyée sur plusieurs échelles d'investigation :

- perception lointaine,
- perception des abords du site,
- perception des abords immédiats du site et depuis celui-ci.

La démarche paysagère du projet a débuté par une évaluation des caractéristiques du site avant l'investigation plus poussée.

Dans ce cadre, plusieurs variantes ont été imaginées. Seule une configuration a été retenue au vu de l'harmonie générale du parc ainsi qu'aux impacts paysagers limités. Une liste des points de vues à traiter a été établie à la suite d'une analyse paysagère réalisée par la société Environnement Qualité Service.

La société Energieteam s'est ensuite chargée de la réalisation des points de vues, des photosimulations et de la ZVI.

#### • Méthodologie ZVI

La ZVI (zone visuelle d'influence) est une carte de présentation des surfaces depuis lesquelles le parc éolien est potentiellement visible. Ce calcul est effectué à partir du module ZVI du logiciel Windpro (version 2.7) pour l'ensemble des éoliennes proposées sur le site.

Son calcul est basé sur un modèle numérique de terrain créé à partir des courbes de niveau digitalisées. Les boisements sont pris en compte comme obstacles, pas les habitations. La modélisation sera donc majorante. L'aire d'étude est divisée en carrés de surface égales (25 m x 25 m). Le logiciel effectue une coupe depuis chaque partie du quadrillage vers chacune des éoliennes du parc. Le parc est considéré comme visible depuis un point lorsque le trait de coupe atteint l'extrémité d'une des éoliennes du parc sans être interrompu par le relief.

Cet outil est un préalable à l'étude des impacts sur une vaste aire d'étude. Il permet de définir de manière efficace l'effet de la topographie sur la visibilité du parc éolien. Sa précision peut toutefois être altérée par l'existence d'une microtopographie (talus, passage en tranchée), ou tels que boisements, habitations, haies...

#### • Méthodologie pour définir les classes de perception

Au fur et à mesure que l'observateur s'éloigne du parc, la taille des éoliennes et la portion du champ de vision qu'elles occupent diminuent. Il est ainsi possible d'établir des classes de perception en fonction de la distance entre l'observateur et le parc et de les cartographier (Figure 83, page 167).

Dans le cadre de ce dossier les classes suivantes ont été établies :

- Seuil de la perception forte : angle de perception supérieur à 7°,
- perception assez forte : angle de perception compris entre 3,5 à 7°,
- perception modérée à assez forte : angle de perception compris entre 2 à 3,5°,
- perception faible à modérée : angle de perception compris entre 1 à 2°,
- perception faible : angle de perception compris entre 0,7 à 1°,
- perception nulle à faible : angle de perception inférieur à 0,7°.

Les distances correspondantes sont obtenues par la relation trigonométrique :

$$\text{distance} = \text{hauteur} \div \text{tangente (angle)}$$

Les zones de perception sont enfin superposées à la zone d'influence visuelle pour intégrer les masques visuels et refléter aux mieux la réalité (Figure 81, page 165 et Figure 82, page 166).

#### • Méthodologie pour définir la visibilité et la covisibilité des sites et monuments historiques

Les visibilité et covisibilité des sites et monuments historiques, présentées page 250, sont évaluées à partir de la carte de synthèse intégrant les zones de perception et la zone d'influence visuelle.

Les photos des environs des monuments sont également étudiées (à partir de passages sur le terrain et éventuellement de Google Street View). Les éléments de contexte qui y sont identifiés sont reportés dans le tableau.

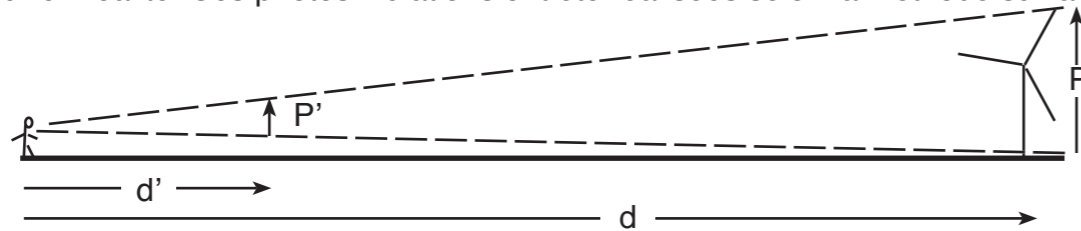
• Méthodologie pour estimer la perception visuelle réelle du parc

Les vues ont été effectuées avec un appareil Nikon D3100 d'une focale de 35 mm. Les photos ont ensuite été assemblées à l'aide du logiciel Photoshop pour obtenir des vues panoramiques.

Les photosimulations ont été réalisées avec le logiciel spécialisé Wind Pro 2.6.

La position des points de vue a été réalisée par GPS. Le calage des éoliennes sur logiciel s'est fait à l'aide d'éléments aisément repérables dans le paysage (clocher d'églises, châteaux d'eau, monuments, bois) et aisément repérables sur des cartes IGN géoréférencées présentes sur le logiciel Carto Exploreur de Bayo. Dans certains cas, des éléments supplémentaires ont été relevés par GPS afin d'assurer un meilleur calage des photos. Des éléments peuvent également être repérés grâce au site Géoportail.

Afin de donner un meilleur aperçu de l'+ du parc éolien, nous avons réalisé des simulations montrant ce que percevra l'observateur en réalité. Ces photosimulations ont été réalisées selon la méthode suivante :



Un observateur se trouvant à une distance  $d$  d'une éolienne percevra une hauteur  $P$ . En appliquant le théorème de Thalès, on considère que l'équivalent de ce que le lecteur doit percevoir en se trouvant à une distance  $d'$  du projet est la hauteur  $P'$ . L'angle de perception est ainsi conservé.

On obtient la hauteur  $P'$  par le rapport suivant :  $P' = P \times d' / d$

avec :

$P$  : hauteur réelle de l'éolienne,

$P'$  : hauteur de l'éolienne sur la photosimulation,

$d$  : distance réelle entre l'observateur et l'éolienne,

$d'$  : distance du lecteur par rapport au dossier d'étude d'impact (40 cm).

Dans l'étude d'impact, pour les photosimulations montrant l'impact réel, la taille des images a été définie de manière à ce que la taille des éoliennes de l'image correspondent aux valeurs  $P'$  obtenues par le calcul exposé ci-dessus.

L'impact visuel de l'ensemble des éoliennes a été défini en fonction de la distance entre le point d'observation et les éoliennes. Les conditions retenues pour la visibilité des éoliennes ont toujours été les conditions de visibilité maximale, même quand les conditions de prise de vue n'étaient pas excellentes. De ce fait, l'impact visuel des éoliennes simulées est toujours plus fort que ce qu'un observateur observera à l'avenir dans des conditions réelles.

## **K.2.2 - SIMULATION D'IMPACT SONORE**

Afin de quantifier l'influence des émissions sonores des équipements prévus, une modélisation informatique a été réalisée. Celle-ci a pris en compte un ensemble de paramètres influant sur la propagation des sons :

- le site d'implantation (distances, terrains...);
- les sources de bruits et leurs caractéristiques géométriques et techniques;
- les effets de propagation et d'atténuation du son dans l'air.

La méthode de calcul de la propagation acoustique qui a été utilisée ici est celle de ISO9613-2. La modélisation a été réalisée par un logiciel spécialement adapté, le logiciel PREDICTOR. Celui-ci a permis de modéliser la propagation acoustique en espace extérieur en prenant en compte l'ensemble des paramètres influents exploitables en l'état des connaissances.

## **K.2.3 - IMPACTS SUR L'OMBRE**

Pour évaluer les temps d'exposition aux ombres projetées des éoliennes, on utilise le logiciel Windpro.

Après avoir intégré les cartes, la topographie, les éoliennes (type et dimensions), leurs références géographiques, ainsi que les données statistiques d'ensoleillement et de direction du vent, nous pouvons calculer et visualiser sur des cartes, les zones exposées à ces ombres en fonction de la durée journalière et de la durée annuelle de cette exposition.

## K.2.4 - ÉTUDE DE DANGERS

L'étude de dangers a été réalisée en prenant comme base le guide technique de l'INERIS (*Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens* - mai 2012).

### K.2.4.1 - Données d'entrée

Le modèle d'éolienne retenu est la E101 :

Hauteur du mât : 99,0 m,  
Diamètre du mât : 7 m,  
Longueur de la pale : 50,5 m,  
Largeur de la pale : 6 m.

### K.2.4.2 - Comptage des personnes permanentes

L'approche adoptée dans l'étude de dangers consiste à assimiler les espaces cultivés à des espaces non aménagés, et les voies de circulation non structurantes (chemin de terre, voie communale, route départementale ou autre du moment que le trafic journalier reste inférieur à 2000 véhicules par jour) à des espaces aménagés mais peu fréquentés.

## K.3 - DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

### • Historique du projet et dates des inventaires faunistiques

Energie Team avait développé un précédent projet de 10 éolienne dans la zone d'implantation du présent projet, pour lequel la société avait fait réaliser des inventaires complets des oiseaux et des chiroptères. Le projet d'une société concurrente a entre-temps fait l'objet d'une autorisation sur le même site. Le projet actuel vise à venir en extension de ce projet accepté, en demandant autorisation pour 4 des 10 éoliennes initialement proposées. Les prospections sur lesquelles se base la présente demande datent du projet initial (2010 - 2011). Toutefois, le milieu n'a pas évolué de manière significative. On peut donc considérer que l'état initial reste valable. Néanmoins, les inventaires font l'objet d'une actualisation en cours, qui sera transmise aux services instructeurs à leur demande.

### • Projets acceptés non construits

Les projets acceptés mais non encore construits, en particulier celui de la Voie du Moulin Jérôme en extension duquel vient le présent projet, doivent être pris en compte dès la description de l'état initial du site. Toutefois, leur prise en compte pour l'analyse des impacts du projet est parfois délicate, en particulier :

- pour la faune : les inventaires sont réalisés en leur absence et ne révèlent donc pas l'état du site après leur installation,
- pour le paysage : ces éoliennes doivent être simulées, et les descriptions bibliographiques n'en tiennent pas compte.

### • Choix des photosimulations

La difficulté dans cette partie repose sur l'identification des différentes fenêtres de visibilité du parc et sur le choix des vues nécessitant d'être traitées dans l'étude paysagère. En effet, il faut tenter d'illustrer l'effet réel du parc éolien sur le paysage sans pour autant étudier l'ensemble des fenêtres de visibilité.

Notre choix s'est donc porté sur les points de vue les plus fréquentés par la population. Nous avons ainsi étudié les vues directes sur le projet depuis les communes environnantes ainsi que les vues depuis les grands axes de circulation, les principaux sites, monuments historiques et entités paysagères du secteur.

### • Évaluation des impacts sur l'avifaune

La principale contrainte rencontrée dans cette partie repose sur la difficulté à évaluer l'intérêt réel de la zone d'implantation potentielle pour le Faucon pèlerin. En effet, s'il semble évident que celle-ci ne représente pas pour lui un territoire de chasse privilégié (seulement 3 observations réunies de 2008 à 2011), il est toutefois difficile d'estimer le taux de fréquentation

de la zone, par le faucon (nombre d'heures par an, par exemple) et donc d'être en mesure d'évaluer le risque de collision.

Aussi, en l'absence de prospections spécifiques à la Chevêche d'Athéna, nous ne sommes pas en mesure de déterminer précisément son territoire de chasse et les déplacements qu'elle entreprend.

- Évaluation des impacts sur les chiroptères

L'une des difficultés rencontrées dans l'étude des chiroptères est l'identification précise de l'espèce. En effet, certaines chauves-souris utilisent des fréquences proches et il devient alors difficile d'identifier le contact avec certitude jusqu'au rang de l'espèce.

Compte-tenu du manque de données bibliographiques et de constats régionaux traitant des phénomènes migratoires (ou d'erratisme), et vu leur approximation, il nous est impossible d'évaluer l'impact associé aux projets voisins sur le comportement des Pipistrelles et Sérotines communes.



# L - NOTICE D'HYGIÈNE ET DE SÉCURITÉ

Les éoliennes sont des installations particulières du fait de leur mode de fonctionnement et de leur hauteur importante. Dans notre cas, la nacelle (centre du moyeu) se situera à 99,0 m de haut (voir aussi "B.2.3 - Description détaillée du projet et des éoliennes utilisées", page 14).

Néanmoins, les éoliennes sont situées dans des environnements ruraux souvent éloignés des zones urbaines.

En outre, les éoliennes fonctionnent en mode automatique, sans intervention de l'homme, sauf :

- lors de la construction du parc (montage),
- lors des opérations de maintenance.

Pour ce projet, le montage et la maintenance des installations seront assurés par Enercon, le constructeur des machines.

Aussi, après une présentation succincte d'Enercon, nous exposerons les conditions de réalisation du parc puis celles de la maintenance.

En phase de construction, d'autres entreprises interviendront, par exemple pour la réalisation des voiries et des fondations.

## L.1 - PRÉSENTATION D'ENERCON

La société Enercon est le leader allemand dans la fabrication d'éoliennes. Fondée en 1984 par Aloys Wobben, elle emploie aujourd'hui plus de 17 000 personnes (source Annuaire Éolien 2016 - France Énergie Éolienne). Son siège est à Aurich, en Basse-Saxe.

Enercon conçoit, fabrique et commercialise des éoliennes à entraînement direct, c'est-à-dire sans multiplicateur, et dispose de plusieurs sites de production dans le monde (Suède, Turquie, Brésil, Portugal, Allemagne, Canada, France).

Ce constructeur possède deux entités distinctes en France :

- Enercon GmbH regroupant les activités de vente et de gestion de projets ;
- Enercon Service France (ESF) ayant la responsabilité de l'installation, de la maintenance et du service après-vente.

Les activités de ces deux entités ont permis la création de plus de 550 emplois.

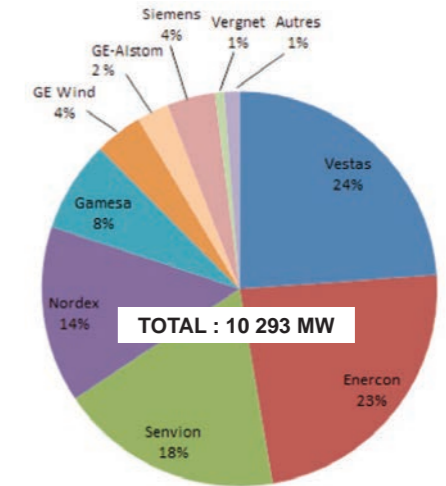
### L.1.1 - ENERCON GMBH

D'après l'annuaire éolien de 2016 (FEE), Enercon a installé en France plus de 1150 éoliennes, soit 2230 MW. Ces éoliennes représentent près du quart du marché national français

En France, implantée principalement à La Croix-Saint-Ouen dans l'Oise, depuis 2004, Enercon dispose également de 2 autres bureaux commerciaux.

Une usine de construction de mâts en béton a été inaugurée en octobre 2012, à Longueil-Sainte-Marie. En janvier 2016, cette usine avait déjà produit près de 3500 segments de mâts.

En 2016, Enercon partage avec Vestas la moitié de la puissance installée en France (Figure 126).



Source : SER-FEE

Figure 126 : Répartition de la puissance installée en France au 1<sup>er</sup> janvier 2016 par constructeur

### L.1.2 - ENERCON SERVICE FRANCE (ESF)

En parallèle de l'installation de parcs éoliens, la société ESF a ouvert des bases de maintenance afin de faire le suivi de ces parcs.

Avec près de 22 bases, leur répartition géographique calque celle des parcs éoliens déjà installés.

Ces bases de maintenance permettent le recrutement de techniciens (électromécaniciens) locaux, qui sont formés en interne.

## L.2 - LA CONSTRUCTION DU PARC

### L.2.1 - ORGANISATION GÉNÉRALE

La phase de construction du parc va durer plusieurs mois. Les différentes phases du chantier sont :

- création des plates-formes des éoliennes,
- creusement des fondations,
- coulage des fondations,
- montage de la tour,
- montage de la nacelle,
- montage du rotor,
- raccordement électrique.

Ces nombreuses étapes rendent la coordination et la planification de l'ensemble des tâches indispensables. Une visite du site de l'ensemble des partenaires est un préalable à l'organisation des travaux. Les réunions de pré-chantier qui s'en suivent permettent une hiérarchisation des phases d'intervention.

Les articles L.4531-1 et suivants du Code du Travail visent à assurer la sécurité de toutes les personnes qui interviennent sur le chantier. Ils imposent la mise en oeuvre de principes généraux de prévention à toutes les étapes du projet (de la phase de conception à la réalisation de l'ouvrage).

Conformément à la réglementation qui exige que la coordination soit assurée à tous les stades d'un projet d'une certaine importance, un coordinateur Sécurité et Protection de la Santé (SPS) est désigné. Ses missions consistent à établir et compléter régulièrement un dossier rassemblant toutes les données de nature à faciliter la prévention des risques professionnels.

Le chantier, étant soumis à coordination SPS, fait l'objet d'un Plan Général de Coordination et chaque entreprise intervenant sur le chantier est tenue de mettre en place un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS). Ce document a vocation d'évaluer les risques professionnels liés à la co-activité et d'adapter les modes opératoires.

Les personnels des entreprises, y compris les salariés intérimaires, doivent recevoir, le jour de leur arrivée sur le chantier, une formation pratique et appropriée en sécurité. Cette formation, qui sera assurée par les chefs de chantier et les chefs d'équipe des entreprises, porte sur :

- les conditions de circulation des personnes sur le chantier,
- la sécurité pendant l'exécution du travail,
- les dispositions à prendre en cas d'incident, d'accident et d'incendie,
- la situation et le contenu de la trousse de premier secours.

Chaque entreprise devra tenir à jour sur le chantier une liste de tous ses salariés. Ceux-ci devront pouvoir être facilement identifiables (autocollant sur le casque ou vêtement de travail au nom de l'entreprise).

Le chantier comprendra une base de vie. Elle sera implantée sur une zone à faible enjeu environnemental, elle prend ainsi généralement place sur l'une des plates-formes de montage des éoliennes. Cette base de vie comprend :

- un réfectoire,
- des sanitaires,
- des vestiaires,
- le bureau du chantier (réunion),
- du matériel de premier secours (trousses, couvertures de survie...).

### L.2.2 - LES RISQUES SPÉCIFIQUES

À chaque phase du chantier des risques spécifiques existent. Chacune de ces phases fait l'objet de mesures préventives adaptées.

Avant chaque séquence, une réunion de coordination est réalisée (15 minutes au début de la réunion de chantier).

Au cours de cette réunion, une analyse de la co-activité et la réalisation des inspections communes sont réalisées. Les entreprises et leurs sous-traitants devant intervenir dans la séquence suivante doivent donc obligatoirement être présents.

Le tableau suivant résume :

- les risques en fonction des phases de chantier,
- les mesures générales à mettre en oeuvre,
- la répartition des responsabilités.

Séquences	Interventions		Analyse de risque	Mesures à prendre	Qui ?
<b>A</b>	Voiries Plates-formes Terrassement,		Activités agricoles Sortie sur voies Chute dans les fouilles	Concertation / agriculteurs Signalisation routière Protection périphérique	VRD
<b>B</b>	Génie Civil : Ferrailage, Béton,		Chute dans les fouilles Aménagement des descentes Circulation	Respect des modes opératoires Protections collectives Signalisation routière	Génie Civil Elec
<b>C</b>	Montage des éoliennes,		Travaux de hauteur Présence de public	Accès en hauteur Respect des modes opératoires Stabilité du terrain Balisage et affichage Signalisation routière	Fabricant Monteur
<b>D</b>	Réseaux de raccordement Raccordement, Mise en service		Co-activité importante Effectif important	Nettoyage, ordre, Balisage Signalisation routière	T.C.E. Electricien

Les mesures spécifiques aux différents points particuliers sont détaillées dans les tableaux ci-après.

Les mesures spécifiques aux différents points particuliers sont détaillées dans les tableaux ci-après :

• Terrassements - VRD

POINTS PARTICULIERS	RISQUES IDENTIFIÉS	MESURES À PRENDRE
Fouilles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• éboulement</li> <li>• chute de personnes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• si hauteur &gt; 1.30 et si hauteur &gt; 2/3 largeur blindage et / ou talutage</li> <li>• balisage et protection anti-chutes</li> </ul>
Rotation des engins	<ul style="list-style-type: none"> <li>• collisions</li> <li>• heurt avec personnel à pied</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• matériel conforme à la norme NF E 58050 et suivantes</li> <li>• respect des règles de circulation et du plan de circulation</li> <li>• éloignement du personnel pendant les manœuvres</li> </ul>

• Génie civil

POINTS PARTICULIERS	RISQUES IDENTIFIÉS	MESURES À PRENDRE
Fondations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• évolutions engins</li> <li>• acier en attente têtes de pieux chute dans fouilles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• engins conformes</li> <li>• mise en place périmètre de sécurité</li> <li>• protection des aciers protection des fouilles</li> <li>• limiter l'accès des personnes autour du matériel</li> </ul>
Aciers en attente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• liés à la circulation du personnel de chantier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• protection des aciers en attente</li> <li>• têtes crossées ou bouchons</li> </ul>
Bétonnage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• liés à l'évolution d'engins</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• engins conformes</li> <li>• respect du plan et des règles de circulation</li> </ul>

• Levage des tronçons de la tour

POINTS PARTICULIERS	RISQUES IDENTIFIÉS	MESURES À PRENDRE
Transport et stockage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• encombrement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stabilité des éléments sur véhicule et au sol (arrimage)</li> <li>• si empiètement sur voie publique, nécessité d'une signalisation adaptée</li> </ul>
Travaux à grande hauteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• chutes du personnel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aptitude, instruction et information du personnel d'exécution.</li> <li>• Disposer de la certification de la qualification et des aptitudes physiques du personnel</li> <li>• instruction et information du personnel interdisant toute possibilité d'interprétation erronée des plans et documents de montage</li> <li>• réduction maximale des travaux en hauteur, en procédant, à l'équipement du mât au sol</li> <li>• échelles, planchers de travail, système anti-chute à câble ou à rail installés à l'assemblage du mât.</li> <li>• précautions à prendre en cas de conditions atmosphériques ou climatiques défavorables (vent – neige et verglas) pour des vitesses de vents &gt; à 15 m/s arrêter les travaux</li> <li>• une plaque indiquant les limites d'emploi de la grue en fonction de la vitesse du vent doit être apposée en permanence auprès du conducteur (art. 19 et 27 - décret du 08-01- 65 et suivants)</li> </ul>

Levage de personne avec nacelle suspendue	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arrêté du 2 décembre 1998</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• respect des articles 2 à 14 de cet arrêté</li> </ul>
Montage, levage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• heurt, coincement ou cisaillement</li> <li>• renversement ou retombée de la charge (écrasement du personnel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sous la responsabilité d'un chef de manœuvre</li> <li>• balisage au sol de la zone de montage</li> <li>• seul le personnel d'exécution y aura accès</li> <li>• colisage et repérage des pièces</li> <li>• définition de l'assemblage et du montage dans le P.P.S.P.S.</li> <li>• fournir au coordonnateur sécurité le plan méthode montage, en particulier les consignes au personnel chargé d'assembler le tronçon de mât supérieur</li> <li>• appareil de levage et de manutention en parfait état. Le registre des vérifications faites par un organisme agréé devra être en permanence sur le chantier (art. 22 à 24 - décret du 08-01-65 et suivants)</li> </ul>
Montage, levage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• chutes d'objet</li> <li>• renversement engin de levage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• protections collectives et individuelles clefs de montage attachées au baudrier s'assurer de la stabilité du terrain, de l'assise</li> <li>• de l'engin de levage</li> <li>• moyens de décrochage des élingues à</li> <li>• distance</li> </ul>
Résistance des appuis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• renversement du tronçon inférieur de la tour</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• l'entreprise devra vérifier la qualité du béton in situ avant scellement des ancrages</li> </ul>
Mise en place du tronçon supérieur du mât	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cisaillement, heurt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• les opérateurs chargés de l'assemblage seront en liaison radio avec le chef de manœuvre.</li> </ul>
Mise en place de la machine et des pales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• renversement ou retombée de la charge (écrasement du personnel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pour des vitesses de vents &gt; à 15 m/s arrêter les travaux</li> <li>• plate-forme de travail équipée de garde- corps</li> </ul>

- Toute entreprise assurant une livraison de matériaux conséquente

POINTS PARTICULIERS	RISQUES IDENTIFIÉS	MESURES À PRENDRE
Approvisionnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• risque à la manutention</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• définition zone de protection moyens de livraison</li> <li>• moyens de levage</li> <li>• s'assurer de la stabilité du terrain</li> </ul>

- Raccordement HT inter-éolien

POINTS PARTICULIERS	RISQUES IDENTIFIÉS	MESURES À PRENDRE
Déchargement des tourets de câble	<ul style="list-style-type: none"> <li>• heurt, coincement ou cisaillement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sous responsabilité d'un chef de manœuvre manutention mécanique</li> <li>• balisage au sol de la zone de déchargement. Seul le personnel d'exécution y aura accès</li> <li>• utilisation d'un dérouleur adapté posé sur une surface d'appui stable</li> </ul>
Pose des câbles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• chutes du personnel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• utilisation des équipements de sécurité mis en place avant levage, à chaque niveau d'intervention plate-forme de travail équipée de garde-corps, système de levage mécanique des colis, permettant leur réception en conservant les protections collectives.</li> <li>• l'entreprise devra indiquer dans son P.P.S.P.S. les dispositions qu'elle compte prendre pour l'ancrage du câble d'élévation</li> <li>• et pour celui du stop-chutes et fournir la fiche technique du matériel</li> </ul>

## L.3 - LA MAINTENANCE

Une fois le chantier réalisé, la présence de personnel sur le site sera très ponctuelle. De ce fait, le site ne dispose pas d'installation spécifique pour l'accueillir.

Les éoliennes sont équipées de multiples capteurs en relation avec un système de pilotage à distance. Ce dernier permet le diagnostic et l'analyse de la performance en permanence, ainsi que certaines actions à distance.

En cas d'arrêt de l'éolienne suite au déclenchement de capteurs de sécurité (survitesse, arc ou incendie...), une intervention humaine sur place est nécessaire afin d'examiner l'installation et supprimer les causes du dysfonctionnement.

Le constructeur Enercon a établi des centres de maintenance de proximité en parallèle de la construction des parcs afin d'en assurer une maintenance optimale. Le plus proche du projet est celui de Le Meux, à près de 1h20 de route.

Une maintenance préventive est réalisée sur les machines. Celle-ci consiste à changer les composants de la machine suivant leur cycle de vie. Le changement des pièces défectueuses constitue le second type de maintenance : la maintenance curative.

### L.3.1 - DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Conformément à l'art. 22 de l'arrêté du 26 août 2011, les consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation.

Ces consignes indiquent :

- 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.

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

Tous les techniciens possèdent une habilitation aux premiers secours. Cette dernière est renouvelée tous les deux ans. Signalons également que les interventions s'effectuent toujours en équipe. Par ailleurs, des formations spécifiques à l'usage du système d'évacuation sont dispensées tous les deux ans en interne par des formateurs habilités.

### L.3.2 - CIRCULATION DES VÉHICULES ET DU PERSONNEL

#### L.3.2.1 - Sur le site

Les risques d'accident de circulation sur le site sont faibles :

- la vitesse de circulation est limitée sur les chemins d'exploitation du parc et le personnel est tenu de respecter ces limitations ainsi que le Code de la Route,
- les chemins d'exploitation font l'objet d'un entretien régulier (entretien à la charge de l'exploitant),
- il y a peu de circulation du personnel sur le site : ces déplacements sont spécifiques à des interventions sur une ou plusieurs machines et ne nécessitent pas de va-et-vient sur le site,
- hormis la circulation des engins agricoles, il y a peu de circulation supplémentaire à celle du personnel, le risque d'accident avec des tiers est ainsi très limité,
- l'aire de circulation est très faible.

Le port du casque et de chaussures de sécurité est obligatoire pour tout le personnel.

#### L.3.2.2 - Du site vers la base de maintenance

Le risque d'accident de circulation entre le site et la base de maintenance est similaire à celui des individus prenant régulièrement la route.

Le personnel est tenu de respecter les limitations de vitesse ainsi que le Code de la Route.

La société de maintenance veille particulièrement au respect de ces règles par son personnel. Les véhicules disposent d'un système de géolocalisation, en cas de secours.

### L.3.3 - LES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE

L'appellation EPI (Équipement de Protection Individuelle) s'applique à tout dispositif ou moyen destiné à être porté ou tenu par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa santé ainsi que sa sécurité.

Selon la directive 89/656/CEE, du 30 novembre 1989 : l'employeur se doit de fournir un EPI conforme aux dispositions communautaires relatives à la conception et à la construction en matière de sécurité et de santé le concernant. Dans tous les cas, un EPI doit :

- être approprié par rapport aux risques à prévenir, sans induire lui-même un risque accru,
- répondre aux conditions du lieu de travail,
- tenir compte des exigences ergonomiques et de santé du travailleur,
- convenir au porteur, après tout ajustement nécessaire.

Les EPI sont fournis gratuitement par l'employeur, qui assume les charges liées au maintien de leur fonctionnement (entretien, réparation, remplacement).

Les travailleurs sont informés des risques contre lesquels le port de l'EPI les protège. Une formation et des entraînements peuvent être organisés afin que les divers EPI soient correctement utilisés.

Les consignes relatives au port des protections sont affichées en pied de machine et dans les lieux où les EPI doivent être portés.

La figure qui suit expose les différents EPI (caractéristiques et fonctions) utilisés dans le cadre de la maintenance éolienne.

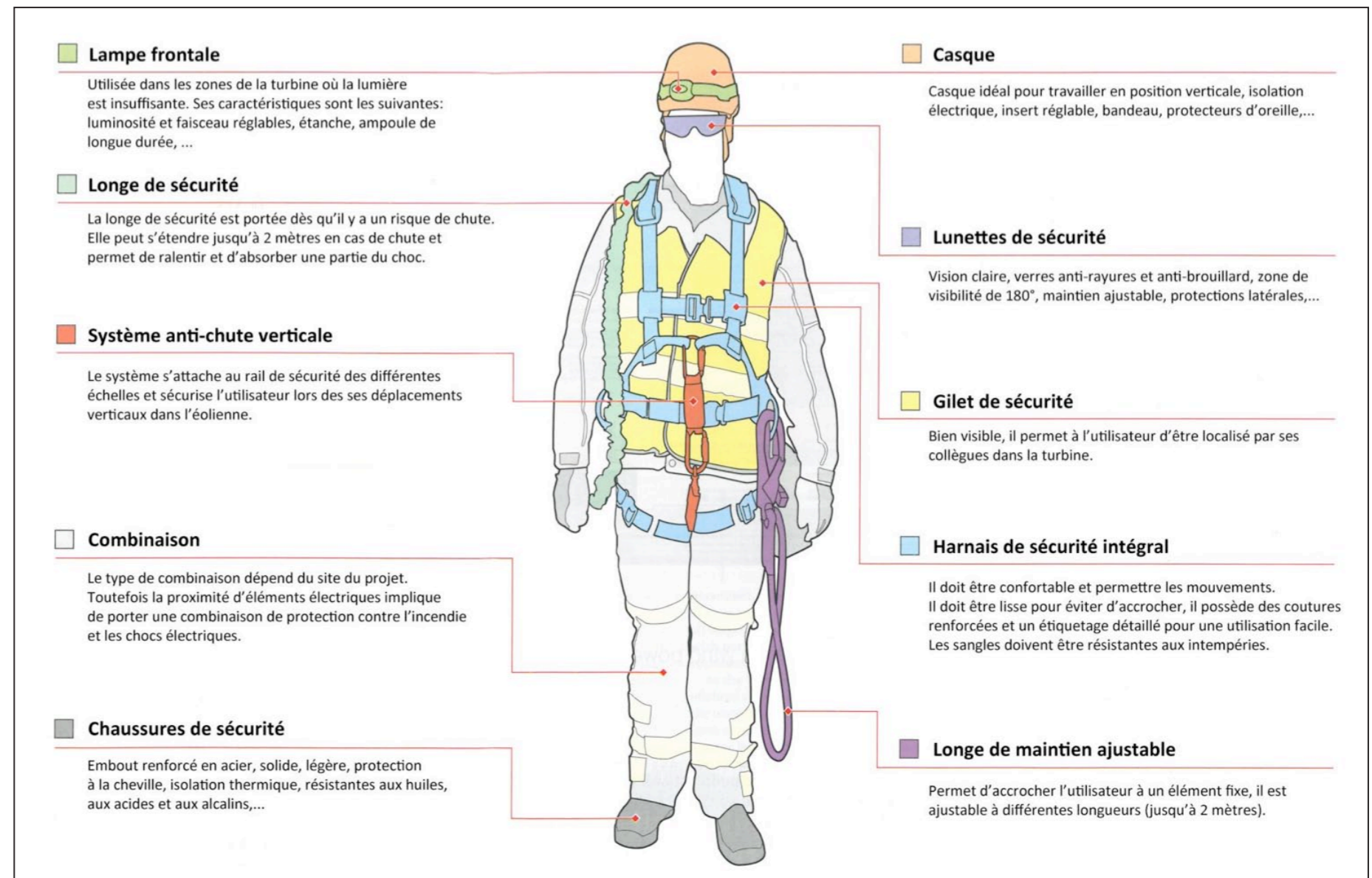


Figure 127 : Les différents EPI pour la maintenance éolienne

### **L.3.3.1 - Protections sonores autour des sources de bruit**

Le bruit le plus important est généré quand l'éolienne est en fonctionnement, à l'intérieur de la nacelle.

Certains constructeurs interdisent toute présence humaine dans la nacelle lorsque l'éolienne fonctionne. La maintenance avec l'éolienne en fonctionnement représente ainsi une part très limitée du temps de travail, de l'ordre de 1 %.

La maintenance a donc principalement lieu quand l'éolienne est arrêtée, avec un niveau de bruit équivalent à celui du bruit ambiant (le ventilateur et le transformateur étant coupés). Lorsque ces équipements restent en fonctionnement le niveau sonore est de l'ordre de 80 dB.

Les appareils, conformes aux dispositions légales, ne constituent pas, pour le technicien au poste de travail, un risque pour sa santé. Il dispose, de plus, d'équipements de protection contre le bruit (bouchon antibruit, casque), utilisés à l'intérieur de l'éolienne en fonctionnement mais également lors de l'utilisation d'outils générant un bruit important.

En outre, le personnel suit des visites médicales, qui comprennent entre autre, un contrôle de l'ouïe.

### **L.3.3.2 - Protections contre la chute**

Les chutes peuvent se produire :

- dans le mât,
- de la nacelle, vers l'intérieur (dans le mât) ou vers l'extérieur,
- du moyeu du rotor vers l'extérieur.

Les techniciens intervenant dans les éoliennes sont systématiquement équipés de harnais spécifiques au travail en hauteur et de deux dégaines leur permettant de s'assurer continuellement sur les différentes lignes de vie dont dispose l'installation. Une procédure spécifique à chaque intervention à risque doit être suivie.

Les techniciens ont tous une habilitation pour le travail en hauteur qui est renouvelée tous les deux ans, permettant ainsi de vérifier l'aptitude et la compétence du personnel.

La nacelle de l'éolienne est équipée d'un dispositif de sauvetage conforme à la norme EN 341. Le dispositif de sauvetage sert pour le sauvetage de personnes incapables d'utiliser l'EPI contre la chute, ainsi que pour l'évacuation dans toutes les situations d'urgence, quand l'éolienne ne peut être quittée sans danger via l'échelle. Ce matériel, ainsi que les lignes de vies et garde-corps sont contrôlés tous les ans, en interne.

#### ***L.3.3.2.1 - Dans le mât***

La circulation à l'intérieur du mât, que ce soit pour la montée ou pour la descente s'effectue par le monte-charge qui dispose d'une cage anti-chute. Plusieurs plates-formes intermédiaires forment des étages à l'intérieur du mât. Le matériel peut être acheminé par ce monte-charge ou le cas échéant, par un treuil, pour les éléments les plus lourds ou les plus grands.

En cas de nécessité (panne, évacuation d'urgence...) une échelle permet de monter et descendre dans l'éolienne. Cette échelle dispose d'un garde-corps ainsi que d'une ligne de vie. Elle s'arrête sur chaque plate-forme.

#### ***L.3.3.2.2 - Dans la nacelle***

Dès lors que les techniciens ont à intervenir depuis la nacelle vers l'extérieur (toit, utilisation du treuil...), ils se mettent en sécurité via la ligne de vie. Notons toutefois, qu'à l'intérieur même de la nacelle, la mise en place de ligne de vie n'est pas possible (contrainte technique).

#### ***L.3.3.2.3 - Dans le moyeu du rotor***

Dès lors que les techniciens ont à intervenir dans le moyeu, ils travaillent toujours les pieds à terre et à la verticale. Aucun réseau de ligne de vie n'est possible dans cet espace.

La société de maintenance veille particulièrement au respect de ces procédures de sécurité par son personnel.  
Les risques de chute sont donc faibles.

## **L.3.4 - PROTECTIONS LIÉES AUX MOYENS DE LEVAGE**

### **L.3.4.1 - Les principaux risques**

Les principaux risques sont :

- déplacements sur échelle et marchepied et chutes de hauteur,
- exposition aux intempéries (chaleur, froid, vent, givre, pluie),
- exposition au bruit du chantier,
- contraintes posturales dans un espace réduit,
- chute en gravissant ou en descendant de l'échelle de montée,
- lombalgies d'effort (manutention du matériel de calage et d'arrimage),
- risque d'accident vis-à-vis des tiers en cas de mauvaise manoeuvre avec heurt du personnel du chantier avec la charge,
- électrisation (contact de la grue avec un conducteur aérien sous tension),
- chute de la charge.

### **L.3.4.2 - L'engin de levage**

Différents appareils permettent de garantir la stabilité du moyen de levage :

- grue équipée d'un anémomètre avec alarme et pré-alarme,
- limiteur de charge et limiteur de couple,
- translations de grue contrôlées (butées, socle),
- systèmes d'aide automatique à la conduite appropriés,
- sécurisation de l'accès de la cabine : échelle à crinoline avec palier de repos, ascenseur,
- siège et poste de commande ergonomiques,
- cabine climatisée ou chauffée et ventilée,
- bonne liaison grutier-responsable des travaux (radio, pupitre, téléphone).

### **L.3.4.3 - L'entretien de l'engin de levage**

Les appareils de levage sont munis d'un carnet de maintenance. L'arrêté du 2 mars 2004 en application depuis le 1<sup>er</sup> avril 2005 impose l'existence d'un carnet de maintenance tenu à jour pour chaque appareil de levage.

Avant et après leur utilisation, les engins de levage doivent faire l'objet de vérifications et d'opérations de maintenance.

Quatre chapitres du Code du Travail définissent les règles applicables :

- vérifications générales périodiques prescrites par l'article R.4323-23 à R.4323-27,
- vérifications lors de la mise en service prescrites par l'article R.4323-22,
- vérifications lors de la remise en service prescrites par l'article R.4323-28,
- tenue d'un carnet de maintenance prescrite par l'article R.4323-20.

L'inobservation de ces règles engage la responsabilité pénale personnelle du responsable.

La maintenance comporte un examen approfondi des éléments essentiels tous les 5 ans si la maintenance prescrite par le constructeur dans la notice d'instructions n'a pas été réalisée.

### **L.3.4.4 - L'installation sur le site du chantier**

Dans des conditions venteuses sévères ou géologiques douteuses, une étude préalable des risques de renversement des grues à tour sous l'effet du vent ou d'une défaillance du sol sous les stabilisateurs est réalisée pour évaluer les effets de site liés au vent et obtenir un avis sur le sol et les fondations. Un cahier des charges est transmis à l'exploitant pour être mis en forme lors de la maintenance.

Il convient de s'assurer que la grue est placée sur un sol sain et compacté afin d'éviter tout mouvement de sol. Le système de calage doit être de taille significative par rapport aux vérins pour pouvoir jouer pleinement son rôle de stabilisateur.

Il est impératif de s'assurer que les préposés utilisateurs de la grue connaissent et appliquent les règles de sécurité inhérentes à ce type de matériel : verrouillage du système de freinage, flèche en girouette...



## L.3.5 - PROTECTION CONTRE LE RISQUE INCENDIE

Chaque machine est dotée de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur.

### L.3.5.1 - Risque présenté

Les opérations de maintenance, la défaillance d'un appareil, une surtension peuvent amener un départ de feu dans la nacelle en présence de personnel. Rappelons que la maintenance n'est pas autorisée en période d'orage.

En dehors du personnel, la foudre ou une surchauffe liée à l'emballlement de la machine peut entraîner un incendie. Par conséquent, ce dernier peut conduire à la chute de bris de pale ou / et la ruine de l'éolienne.

### L.3.5.2 - Moyens de prévention

#### L.3.5.2.1 - Pour le personnel

Le déclenchement des détecteurs de fumée génère une sirène dans la nacelle et dans la tour et avertit ainsi le personnel présent.

L'éolienne dispose de plusieurs extincteurs, bien visibles et facilement accessibles, à l'arrière de la nacelle et à l'entrée de l'éolienne. Ils font l'objet d'un contrôle annuel par une société extérieure.

Les employés de maintenance seront formés aux différentes méthodes d'évacuation comme l'utilisation du système d'évacuation d'urgence depuis l'intérieur de la nacelle.

Le plan d'évacuation (exemple en Figure 128) permet au personnel d'évacuer l'éolienne. De plus, une couverture anti-feu est présente pour tous les travaux par points chauds et permis de feu. Les techniciens de maintenance disposent toujours de kits de premiers secours avec eux.

#### L.3.5.2.2 - En l'absence de personnel

Un système d'alarme est couplé avec un système de détection qui informe l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal. L'exploitant est alors en mesure de contacter les secours dans un délai de 15 min à compter de l'entrée en fonctionnement anormal de la machine, conformément à l'art. 23. de l'arrêté du 26 août 2011. Les secours mettront en place un périmètre de sécurité dès leur arrivée.

Le déclenchement des détecteurs de fumée induit également l'arrêt de l'éolienne et son isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât. La procédure d'arrêt est ainsi mise en oeuvre en moins de 60 min, conformément à l'art. 24. de l'arrêté du 26 août 2011.

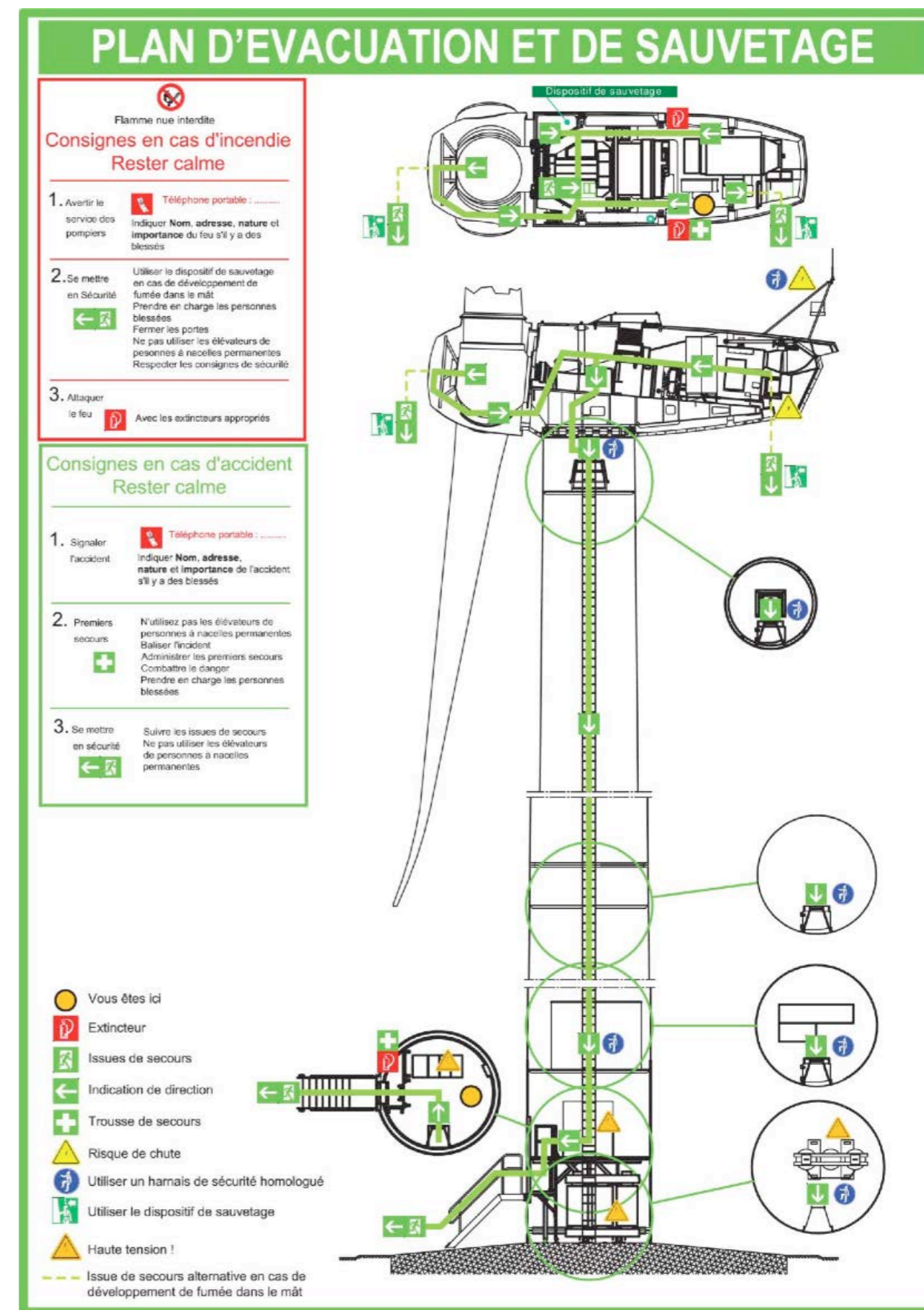


Figure 128 : Exemple de plan d'évacuation de l'éolienne

## L.3.6 - PROTECTION CONTRE LES PIÈCES MÉCANIQUES

### L.3.6.1 - Risque présenté

Les pièces mécaniques, par leur rotation, peuvent engendrer des blessures corporelles plus ou moins graves, pouvant aller jusqu'au décès de la personne. La nacelle comporte toutefois peu de pièces en mouvement.

### L.3.6.2 - Moyens de prévention

Toutes les pièces mécaniques en mouvement (accouplements, arbres, chaînes, etc.) sont protégées par des carters.

Des boutons "coup de poing" d'arrêt d'urgence permettent l'arrêt de l'installation. Ils sont situés à l'entrée de l'éolienne et au niveau de la nacelle. Le déclenchement de ces boutons conduit à l'arrêt de l'éolienne (mise en drapeau des pales, déclenchement du frein hydraulique, coupure de la haute tension puis arrêt des systèmes hydrauliques). L'électricité est maintenue pour l'éclairage et les dispositifs de contrôle.



Figure 129 : Bouton d'arrêt d'urgence sur la boîte de contrôle de la nacelle

## L.3.7 - RISQUE ÉLECTRIQUE

Les installations électriques sont conformes aux normes UTE C18-510.

Ces installations sont entretenues en bon état et sont contrôlées à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs aux dites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000.

### L.3.7.1 - Risque présenté

L'éolienne présente toujours une basse ou une moyenne tension. La maintenance s'effectue donc avec la présence du courant électrique dans l'installation, ce qui peut engendrer pour le personnel des risques d'électrocution et de brûlures. Les causes ou les processus conduisant à ces risques sont essentiellement :

- le contact direct avec les conducteurs nus sous tension,
- le contact par l'intermédiaire d'une masse métallique mise accidentellement sous tension,
- les arcs électriques.

### L.3.7.2 - Moyens de prévention

La protection du personnel contre les contacts directs est réalisée soit par l'isolement des parties actives des matériels électriques, soit par la mise sous gaine. Les armoires électriques ainsi que les coffrets de liaison des machines et matériels sont maintenus fermés.

Le personnel de maintenance possède une habilitation électrique pour intervenir sur ces installations. Cette dernière est régulièrement renouvelée, afin de vérifier l'aptitude et les connaissances du personnel dans ce domaine.

Dans le cadre du décret N°88-1056 du 14 novembre 1988 (protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en oeuvre des courants électriques), les installations électriques font l'objet de vérifications annuelles par un organisme agréé haute tension (HT).

Pour la basse tension (BT), les vérifications sont réalisées, en interne, par des équipes dédiées à cette tâche et habilitées par un organisme extérieur.

## **L.3.8 - PROTECTION CONTRE LES PRODUITS UTILISÉS**

L'entreposage à l'intérieur et aux abords de l'éolienne de matériaux combustibles ou inflammables est interdit (art. 16 de l'arrêté du 26 août 2011).

### **L.3.8.1 - Inventaire**

Les principales catégories de produits mis en oeuvre dans l'éolienne sont principalement des dégriffants, des freins filets, des graisses, des huiles, des nettoyants, de la peinture, du silicone...

### **L.3.8.2 - Risques chimiques**

Les produits chimiques sont dangereux en raison de :

- leur activité vis-à-vis d'autres substances ou produits (incompatibilité),
- leur activité propre (toxicité, inflammabilité, température d'emploi).

Les risques inhérents à ces aspects sont pour le personnel :

- les brûlures chimiques occasionnées par des projections de produits caustiques,
- les brûlures thermiques en cas d'inflammation de produits combustibles, ou de contact avec des points chauds ou froids,
- l'intoxication aiguë ou chronique,
- vapeur (lié au confinement de la nacelle).

### **L.3.8.3 - Moyens de prévention**

Tous les récipients contenant des matières premières sont étiquetés conformément à la législation en vigueur.

Une formation orale ainsi qu'une sensibilisation est apportée au personnel concerné sur les points suivants :

- les dangers présentés par les produits,
- les opérations de manipulation de produits,
- le comportement à tenir en cas d'incident ou d'accident.

Les fiches de données de sécurité des produits sont portées à la connaissance des personnes les manipulant.

### **L.3.8.4 - Moyens de traitement**

En cas de fuite, les véhicules de maintenance sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent :

- de contenir et arrêter la propagation de la pollution,
- d'absorber les 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, la société de maintenance se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates.

## **L.3.9 - PROTECTION CONTRE LE POIDS**

Les pièces mécaniques des éoliennes peuvent être très lourdes (plusieurs tonnes).

L'ascenseur est utilisé pour le petit matériel. Pour toutes les pièces volumineuses, un treuil peut être utilisé. Si la charge est très importante, une grue est mise en place.



## M - CONCLUSION

Le projet éolien du Moulin de Jérôme est constitué de 4 éoliennes d'une puissance de 3,05 MW chacune.

Le site du projet a déjà fait l'objet d'un parc éolien autorisé. Il s'étend sur le plateau agricole du Cambrésis, exploité en openfield, ne présentant pas de contrainte majeure pour l'implantation d'éoliennes.

La ressource en vent y est notable et le modèle d'éolienne choisi permet de maximiser la production d'électricité par machine.

Le Schéma Régional Éolien a d'ailleurs retenu ce site comme pôle de densification dans sa stratégie de développement de l'éolien.

Pour l'implantation du projet, le choix a été fait d'adopter la logique paysagère du projet accepté lorsque les autres contraintes environnementales le permettent.

Le positionnement des éoliennes a ainsi été choisi afin d'éviter les secteurs les plus sensibles aux risques et aux enjeux écologiques, ainsi que pour réduire l'utilisation du parcellaire agricole.

L'analyse des autres impacts du projet, réalisée notamment au travers de diverses études spécifiques, montre des impacts globalement faibles : aucun défrichement, faible risque d'impact sur les chiroptères et l'avifaune, aucun impact direct sur les habitats naturels, faible impact sur l'activité agricole, respect de la réglementation sonore en vigueur, y compris avec le cumul des impacts.

Les mesures d'évitement et de réduction (enfouissement des réseaux, éloignement des boisements), et complémentaires (suivis acoustiques, avifaune et chiroptères, enfouissement de réseaux électriques), qui accompagnent le projet permettent de limiter encore ces impacts.

Considérant la volonté nationale de développement des énergies renouvelables et de réduction des gaz à effet de serre tout en limitant le mitage du territoire, ce projet apparaît donc tout-à-fait compatible avec l'environnement.

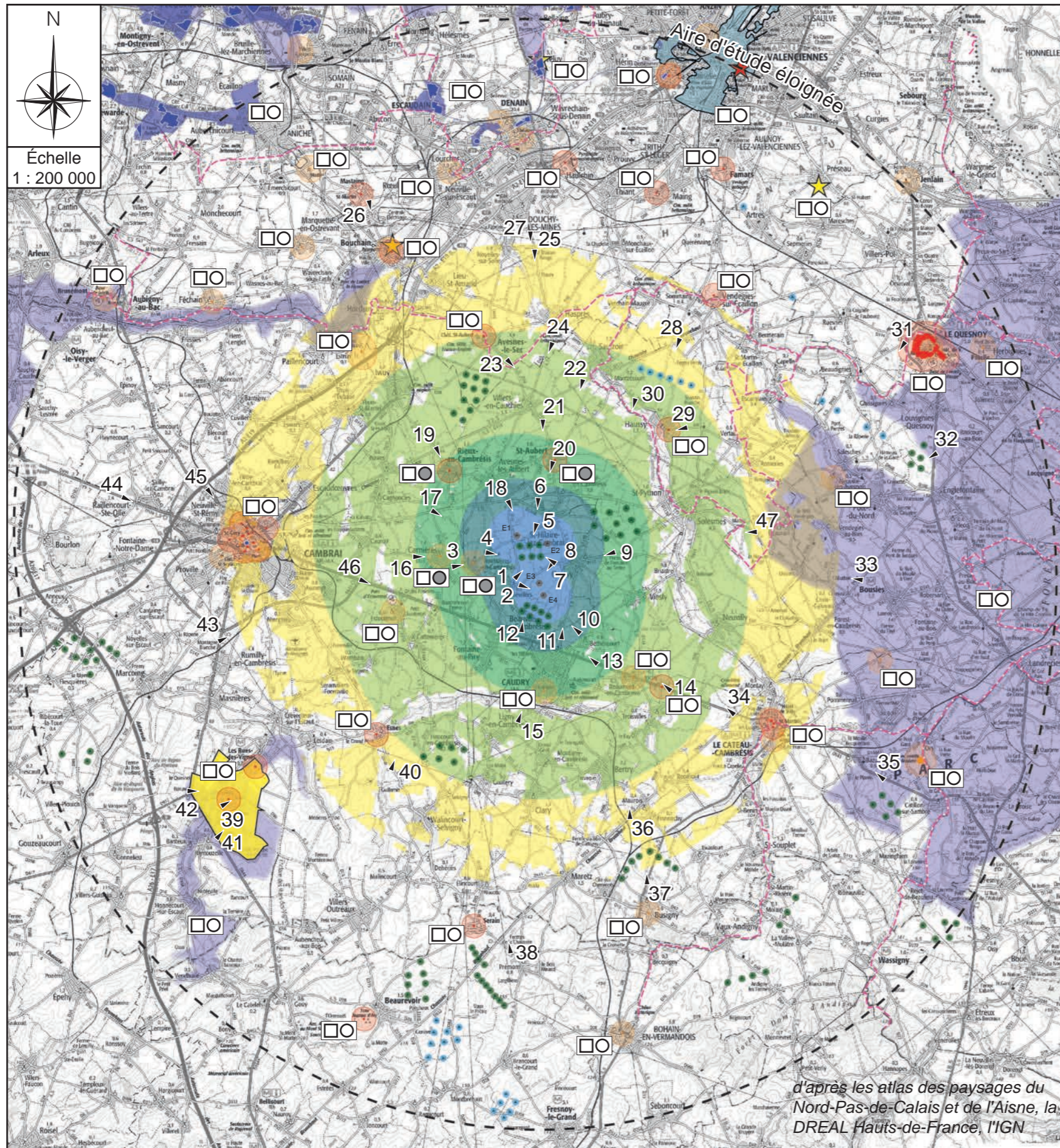


FIGURE 85 : VISIBILITÉ ET COVISIBILITÉ DU PARC AVEC LES MONUMENTS INSCRITS ET CLASSÉS ET LES SITES

- ZPPAUP de Valenciennes
- Site *inscrit* ponctuel (étoile) ou étendu (contours du site)
- Site *classé* ponctuel (étoile) ou étendu (contours du site)
- "Milieux naturels et paysages méritant protection"
- Monument historique *inscrit* et périmètre de protection
- Monument historique *classé* et périmètre de protection
- Site du bassin minier classé au patrimoine mondial par l'UNESCO et zone tampon
- Chemin de grande randonnée (GR)

Influence visuelle du projet :

- perception forte
- perception assez forte
- perception modérée à assez forte
- perception faible à modérée
- perception faible
- perception faible à nulle

- Visibilité
- Visibilité faible
- Pas de visibilité
- Covisibilité
- Covisibilité faible
- Pas de covisibilité

- Éolienne du projet
- Éolienne existante ou en construction
- Éolienne autorisée

15 ► Localisation et numéro des prises de vue

d'après les atlas des paysages du Nord-Pas-de-Calais et de l'Aisne, la DREAL Hauts-de-France, l'IGN

de l'église classée de Saint-Aubert.

Le clocher de l'église se démarque dans la paysage alentour, comme le montre la vue n°21. Néanmoins, les éoliennes du projet s'insèrent parmi des éoliennes autorisées, dans des angles de vue différents.

L'église n'est plus visible plus au Nord, notamment depuis la RD 134 (vue n°22).

- La vue n°29 montre que la motte féodale de Haussy n'est pas visible depuis les alentours.
- Depuis la ville fortifiée du Quesnoy, la vue n°31 montre que les éoliennes construites proches sont partiellement masquées par le léger relief. A fortiori, les éoliennes du projet n'apparaîtront pas.
- Les points de vue n°32, 33 et 35 se trouve près de la limite Ouest de l'ensemble bocager du Pays de Mormal, assimilable à la limite du PNR de l'Avesnois. Les éoliennes du projet viennent en arrière-plan des boisements, mêlées de manière peu marquante aux éoliennes des parcs acceptés, ou sont complètement masquées.
- Le Cateau-Cambrésis se situe dans la vallée de la Selle, dont le versant Ouest masque la direction du projet, ce que l'on constate encore du haut de ce versant depuis la RD 932 avec la vue n°34.
- La visibilité du projet avec le site inscrit de l'abbaye de Vaucelles s'apprécie au travers des vues n°39, 41 et 42. Le projet n'est visible sur aucune de ces vues.
- La vue n°40 montre que le projet sera peu visible, dans un angle différent de celui du château d'Esnes, en densification d'un angle de vue déjà occupé par les éoliennes accordées.
- Les monuments historiques de Cambrai se concentrent au coeur de l'agglomération, près du fond de la vallée de l'Escaut, et sont ainsi globalement peu visibles des alentours. 2 clochers et le beffroi s'en détachent toutefois depuis certains points de vue. Toutefois, les vues n°44 et 45 ne permettent pas de voir ces éléments. En outre, les éoliennes du projet n'en sont pas visibles.

Notons que les visibilitées et covisibilitées sont analysées en fonction de l'état actuel du paysage, dans des conditions ordinaires de promenade ou de visite des monuments et sites. Ainsi, il est toujours possible qu'une étroite fenêtre de visibilité ou de covisibilité, correspondant à une vue très ponctuelle et particulière, ait pu nous échapper.

Le périmètre inclut aussi des chemins de grande randonnée (GR), ainsi que plusieurs éléments de patrimoine local.

L'aire d'influence visuelle (perception visuelle faible à forte, Figure 85) s'étend dans un rayon de près de 12,3 km autour du projet. Le contexte de visibilité des sites et monuments historiques concernés est indiqué dans les tableaux suivants.

Commune	Site (S) ou Monument (M) Inscrit (I) ou Classé (C)	Éloignement du projet (km)	Contexte de visibilité
Boussières-en-Cambrésis	MI - Église Saint-Médard (tour)	2,1	Le monument est établi à mi-hauteur de coteau orienté en direction opposée au projet. On le voit en arrivant depuis l'Ouest, mais on ne l'aperçoit pas depuis la zone d'implantation potentielle.
Carnières	MI - Église (tour, clocher)	3,3	Église au clocher peu élevé, établie toutefois sur une légère hauteur du plateau, si bien quelle dépasse les boisements alentour, en particulier depuis le Nord et l'Ouest.
Saint-Aubert	MC - Église	3,5	Monument établi en fond de vallon. La pointe de son clocher peut être vue de loin, mais elle se confond souvent parmi les boisements environnants.
Rieux-en-Cambrésis	MC - Église	3,9	Église établie en fond de vallée de l'Erclin, sa partie haute demeure visible des alentours, en particulier depuis la RD 134 au Nord, mais pas depuis la RD 134 dans l'alignement du projet ni depuis le Sud.
Caudry	MI - Maison Dumont	4,0	Au coeur d'un jardin boisé dans un espace urbain : édifice non visible des environs

Commune	Site (S) ou Monument (M) Inscrit (I) ou Classé (C)	Éloignement du projet (km)	Contexte de visibilité
Inchy	MI - Temple protestant	5,1	Édifice non visible des environs
	MC - Borne ancienne RD 643 (ex RN 43)	6,3	Visible un uniquement à proximité immédiate
Estourmel	MI - Chapelle funéraire Bricout	6,1	Édicule intégré dans un cimetière, non visible des environs
Haussy	MC - Motte féodale	7,0	Aspect boisé non discernable des autres boisements locaux
Avesnes-le-Sec	MC - Château et annexes	8,5	Ensemble inclus dans une enceinte boisée que l'on distingue peu des autres boisements du secteur.
Esnes	MC - Château et dépendances	9,1	Ensemble peu élevé, inséré en fond d'une vallée marquée. Peu visible depuis les voies d'accès au village.
Estrun	MI - Oppidum "Camp de César"	10,1	Espace cultivé et boisé proche du fond de la vallée de l'Escaut, repérable de près à ses talus en partie boisés.
Le Cateau-Cambrésis	MI - Ancien Palais des Archevêques de Cambrai	10,7 à 11,4	Monuments intégrés dans le coeur urbain, en fond de la vallée de la Selle, hors zone de visibilité du projet.  Une visibilité conjointe des éoliennes du projet et de ses voisines avec la silhouette éloignée de la ville est possible depuis une section de la RD 12 au Sud, dans un angle de vue sensiblement différent.
	MI - Groupe scolaire Auguste Herbin		
	MC - Hôtel de Ville		
	MC - Église Saint-Martin		
	MC - Ancienne brasserie-malterie Lefebvre-Scalabrino		
	MI - École maternelle Henri Matisse		

• Commune de Cambrai : monuments historiques distants de 10,5 à 12,5 km du projet

Monument Inscrit (MI) ou Classé (MC)	Contexte de visibilité
MC - 2 menhirs "Pierres jumelles"	<p>Monuments insérés au coeur du bâti en fond de la vallée de l'Escaut.</p> <p>Trois élévations symbolisant la ville émergent toutefois de l'ensemble : la flèche de la cathédrale, la tour de l'église Saint-Géry et le beffroi, visibles de certains points hauts et dégagés des environs.</p> <p>Néanmoins, lorsque l'on se situe dans l'alignement de ces monuments avec le projet, on se trouve aussi en dehors des zones de perception significative du projet.</p>
MI - Porte Saint-Ladre	
MC - Citadelle (porte)	
MC - Porte Notre-Dame	
MI - Maison 10 place du Marché	
MI - Hôtel Leroi de Ville 12 place du Marché	
MI - Maison 8 place du Marché (toiture)	
MC - Maison 8 place du Marché (façade)	
MI - Hôtel consulaire de la CCI	
MI - Hôtel Leroi de Ville	
MC - Ancien Hôtel de Simencourt (porte)	
MC - Cathédrale Notre-Dame	
MC - Béguinages Saint-Nicolas et Saint-Vaast	
MC - Maison espagnole 48 rue de Noyon	
MI - Tour Saint-Martin, dite aussi Beffroi	
MC - Ancien collège des Jésuites, grand séminaire	
MI - Béguinage Notre-Dame	
MC - Porte de Paris	
MC - Palais épiscopal	
MC - Église Saint-Géry	
MI - Maison du bailli de Marcoing (façade, tourelle)	
MI - Ancien hôpital Saint-Julien	
MI - Cercle philosophique et culturel Thémis	
MI - Chapelle du refuge de l'Abbaye de Vaucelles	
MC - Ancien château de Selles	
MI - Tour Saint-Fiacre XV <sup>e</sup> siècle	
MI - Ancien couvent des Récollets	
MI - Château de Ranette (ancienne maison de campagne de l'abbaye du Saint-Sépulcre)	
MI - Tour du Caudron XV <sup>e</sup> siècle	
MC - Tour des Arquets	
MI - Maison 18 rue Delphin-Dutemple	
MI - Ancien hôpital général	



Commune	Site (S) ou Monument (M) Inscrit (I) ou Classé (C)	Éloignement du projet (km)	Contexte de visibilité
Neuville-en-Avesnois	MI - Église	12,4	Insérée au coeur du village aux abords bocagers, à distance des grands axes de déplacement du secteur. Son clocher saillant se perçoit peu des alentours.
Vendegies-sur-Écaillon	MC - Menhir "Le Gros Caillou" ou "Grès Montfort"	12,6	Dans une pâture entourée d'arbres, n'est pas visible depuis les voies d'accès alentour.
Bouchain	MC - Tour d'Ostrevent MI - Poudrière	13,2	Cet ensemble monumental s'insère dans l'espace urbanisé. La tour dépasse de peu le bâti environnant et n'est pas visible de loin.
	SI - Bastion des Forges		Cet ensemble monumental s'insère dans l'espace urbanisé. La tour dépasse de peu le bâti environnant et n'est pas visible de loin.

En conclusion, les sites et monuments historiques de l'aire d'étude éloignée sont peu concernés par des covisibilités avec le projet. Les éléments les plus exposés sont les clochers des églises les plus proches, visibles des alentours.

#### ***E.2.8.3.6 - Visibilité et intervisibilité avec les parcs éoliens existants***

Ce chapitre traite de l'impact complémentaire du projet avec les parcs existants et avec les parcs accordés non encore construits. Les effets cumulés avec les projets en cours d'instruction mais encore non accordés sont traités au chapitre "F - Effets cumulés", page 273.

Dans le périmètre d'étude éloigné, dont une grande partie centrale est en secteur favorable défini dans le SRCAE pour le développement éolien, 17 parcs éoliens sont concernés, représentant 127 éoliennes. On se reportera notamment aux figures suivantes :

- "Figure 60 : Autres parcs éoliens du périmètre d'étude", page 119
- "Figure 61 : Secteurs favorables à l'éolien du Cambrésis, d'après le Schéma Régional Éolien", page 120.

Lorsque le projet sera vu, ça sera donc très généralement conjointement à des éoliennes déjà accordées, et quasiment toujours en même temps que celles du parc de la Voie du Moulin Jérôme dont il constitue une extension.

Ainsi, aucune des vues retenues pour la réalisation des photosimulations ne montre d'éoliennes du projet sans que d'autres éoliennes accordées ou construites ne soient visibles.

Cette visibilité conjointe de plusieurs parcs éoliens dans ce pôle de densification induit potentiellement une perception locale importante, étudiée dans la partie suivante.

### ***E.2.8.3.7 - Analyse du champ de perception de l'éolien depuis les villages proches***

Le développement des projets peut engendrer une omniprésence de l'éolien dans les paysages. Un même village peut ainsi, du point de vue cartographique, être entouré par différents parcs. La question de l'acceptabilité de la modification de perception du paysage se pose, lorsque, depuis un même lieu, l'ensemble du paysage est marqué par des éoliennes, où que soit porté le regard.

Cet aspect concerne essentiellement les populations locales. Il peut être considéré que la perception de l'éolien n'est pas, en soi, un problème. Pour d'autres, cet aspect est rédhibitoire.

Afin d'analyser cette problématique, la DREAL Centre a proposé une méthodologie<sup>1</sup>. Pour chaque village proche, les champs de perception des éoliennes sont étudiés. Cette analyse est réalisée d'un point de vue cartographique dans un premier temps. Si le résultat nécessite une analyse plus approfondie, d'autres outils seront utilisés pour en connaître la perception réelle : simulations, coupes...

L'étude considère les angles de visibilité des éoliennes selon 2 distances (figures suivantes) :

- Moins de 5 km : éoliennes prégnantes dans le paysage. Les angles correspondants sont représentés dans un cercle de 5 km de rayon.
- Jusqu'à 10 km : s'y ajoutent les éoliennes présentes par temps dégagé et pour un observateur averti. Les angles correspondants sont représentés dans l'anneau distant de 5 à 10 km du point étudié.

Pour évaluer la perception de l'éolien depuis ces villages (points de vue choisis : sortie de village, côté parc), nous utilisons 3 indices, avec pour chacun une première approche de seuil d'alerte :

- L'occupation de l'horizon, soit la somme des angles interceptés par les parcs éoliens environnants (max. 120°),
- La densité d'éoliennes sur les horizons occupés, en nombre d'éoliennes par degré d'angle d'horizon (max. 0,10), à ne considérer qu'en complément de l'indice précédent,
- L'espace libre d'éoliennes : plus grand angle continu sans éolienne (60° mini, 180° préférable).

Notons que ces valeurs seuils proposées par la DIREN centre sont à prendre de manière indicative, car ils ne reposent sur aucun critère démontré. D'ailleurs, le niveau de perception et d'acceptabilité dépend aussi d'autres critères, comme la qualité paysagère mais aussi la perception qu'a la population locale de l'éolien.

L'étude considère sans démonstration qu'il y a un effet de «saturation» et «d'encerclement» dès lors que les seuils d'alerte sont atteints pour au moins deux indices. Il faut y ajouter un facteur d'appréciation. Quant au troisième critère, il nous semble beaucoup plus important que les deux précédents.

Notons que cette étude reste théorique car elle ne prend pas en compte les masques visuels : habitations, relief et végétation, ni l'aspect suggestif de la perception.

Sur les cartes, les angles se basent non pas sur les pastilles colorées, destinées à repérer facilement les éoliennes et savoir si elles sont construites, autorisées ou en projet, mais sur la représentation de leurs rotors, un triskèle noir sensiblement à l'échelle.

Les angles d'horizon occupés par l'éolien de 0 à 5 km sont représentés dans le cercle central, tandis que les angles occupés jusqu'à 10 km, incluant les angles occupés de 0 à 5 km, ne sont représentés que dans l'anneau extérieur de 5 à 10 km.

---

<sup>1</sup> : Selon la méthode recommandée par la DIREN Centre en septembre 2007, dans *Éoliennes et risques de saturation visuelle - Conclusions de trois études de cas en Beauce*

• Depuis Quiévy Ouest

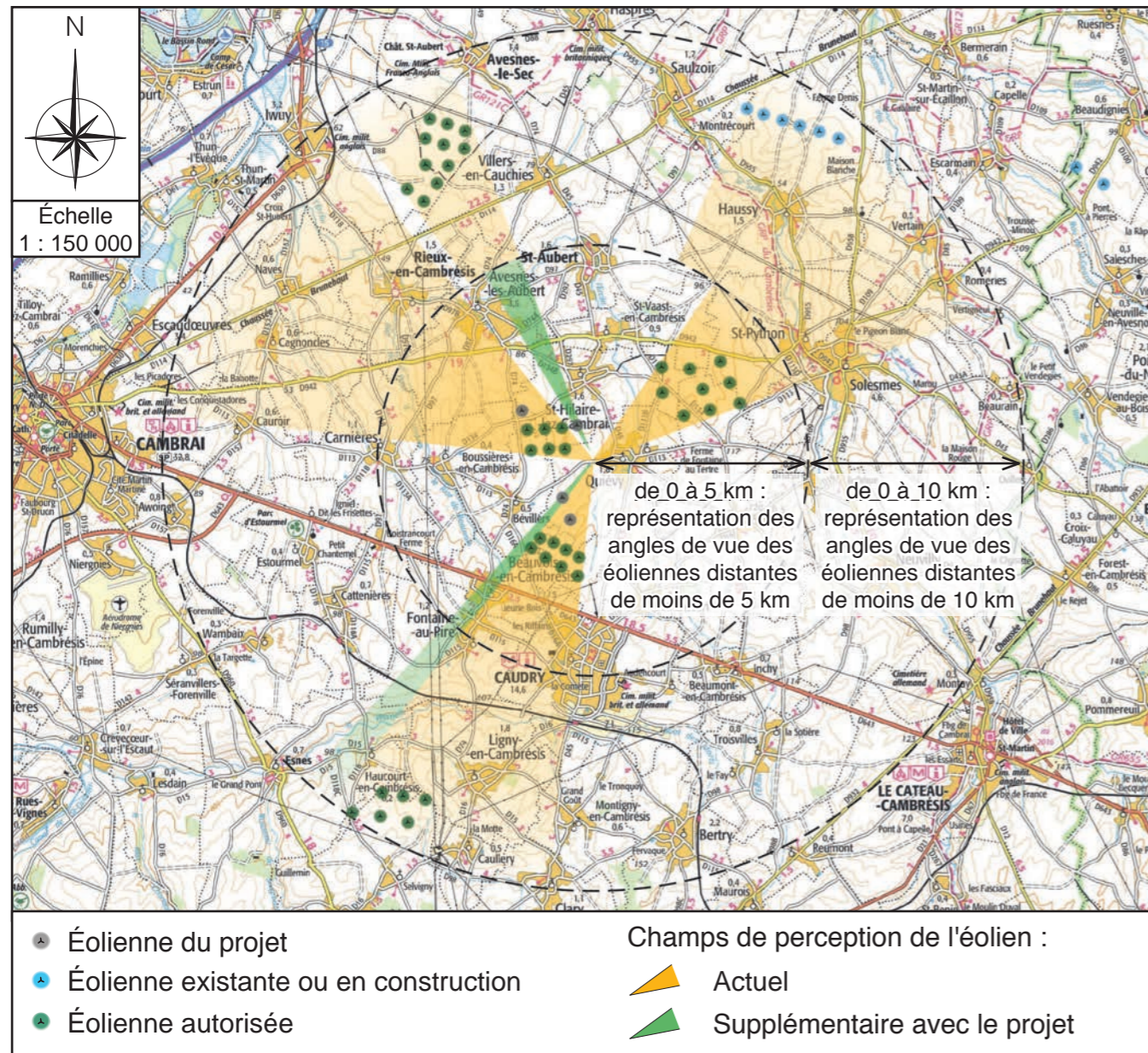


Figure 86 : Champ de perception depuis la RD 113 en sortie Ouest de Quiévy

		de 0 à 5 km	de 0 à 10 km
État actuel	Éoliennes existantes	23	23 + 23 = 46
	Angle d'horizon initialement occupé	112°	112 + 28 = 140°
	Densité	0,21	0,33
	Espace libre maximal sans éoliennes	115°	115°
Avec le projet	Angle d'horizon occupé	112 + 14 = 126°	140 + 5 = 145°
	Densité	0,21	0,34
	Espace libre maximal sans éoliennes	115°	115°

• Depuis Saint-Hilaire-lez-Cambrai Sud-Ouest

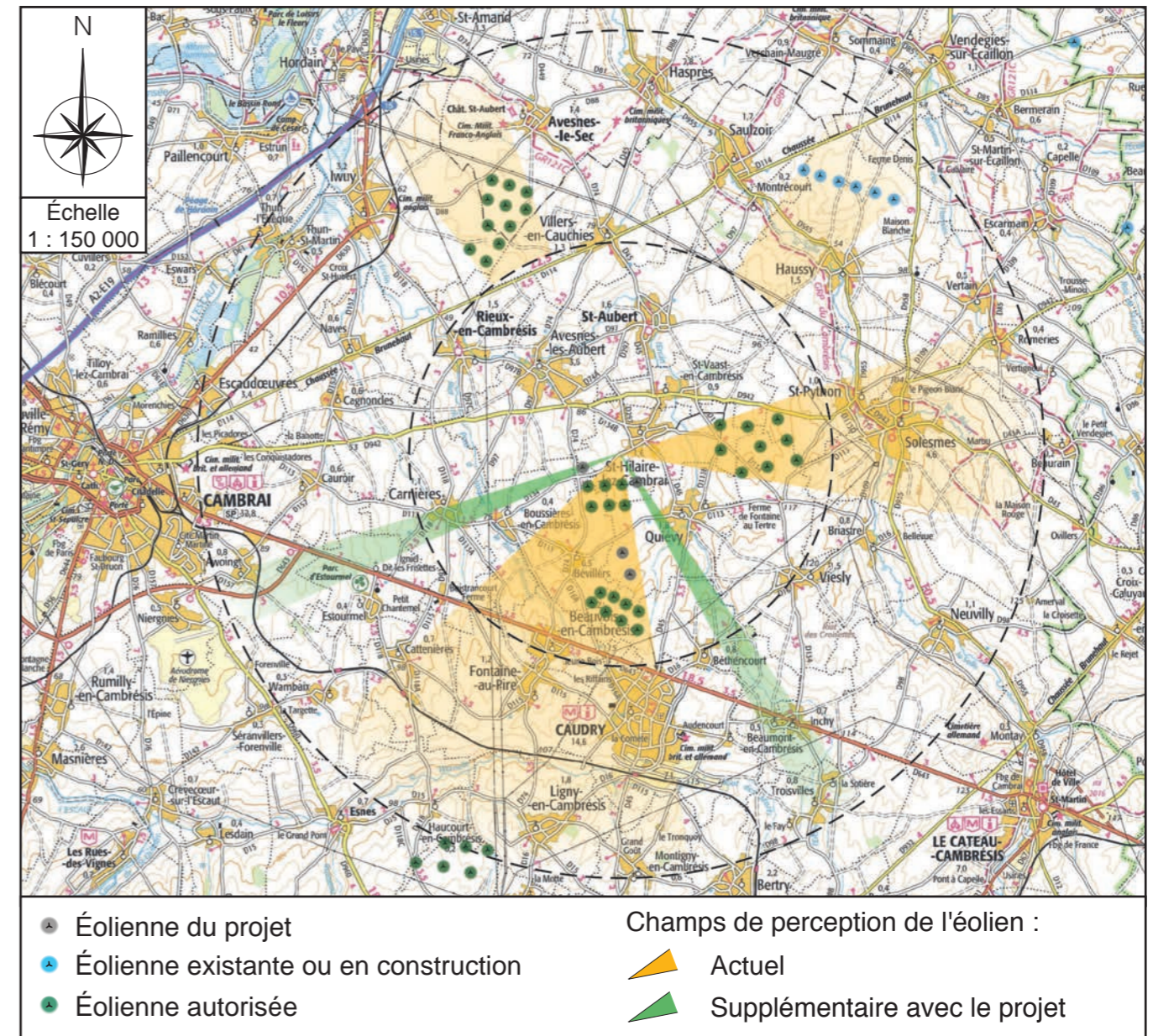


Figure 87 : Champ de perception depuis la RD 134 en sortie Sud-Ouest de Saint-Hilaire.

		de 0 à 5 km	de 0 à 10 km
État actuel	Éoliennes existantes	23	23 + 20 = 43
	Angle d'horizon initialement occupé	86°	86 + 34 = 120°
	Densité	0,26	0,36
	Espace libre maximal sans éoliennes	207°	97°
Avec le projet	Angle d'horizon occupé	86 + 8 = 94°	120 + 8 = 128°
	Densité	0,29	0,37
	Espace libre maximal sans éoliennes	180°	71°

• Depuis Saint-Hilaire-lez-Cambrai Sud-Est

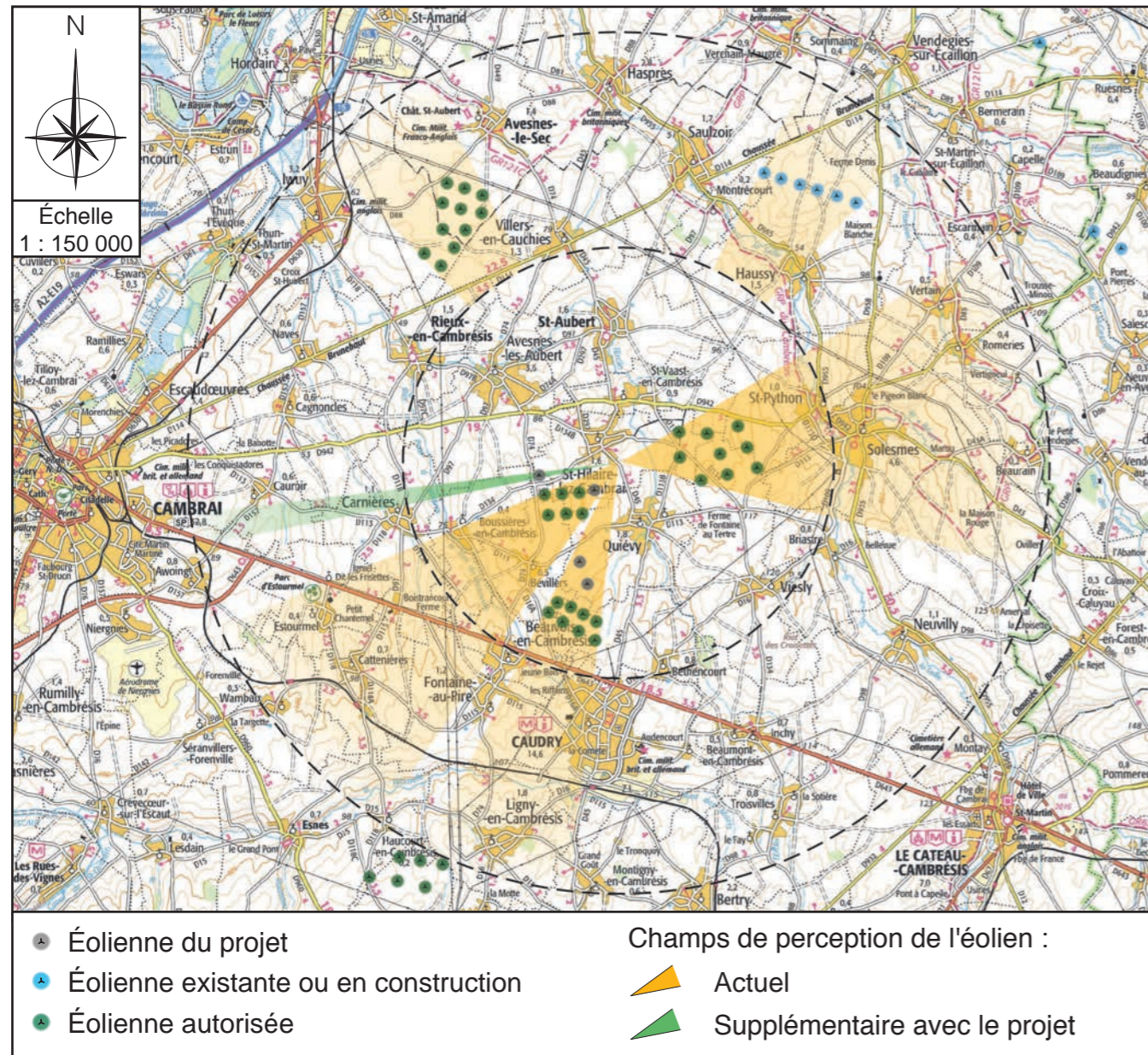


Figure 88 : Champ de perception depuis la RD 45 en sortie Sud-Est de Saint-Hilaire

		de 0 à 5 km	de 0 à 10 km
État actuel	Éoliennes existantes	23	23 + 17 = 40
	Angle d'horizon initialement occupé	101°	101 + 36 = 137°
	Densité	0,23	0,29
	Espace libre maximal sans éoliennes	172°	81°
Avec le projet	Angle d'horizon occupé	112 + 14 = 126°	140 + 5 = 145°
	Densité	0,21	0,30
	Espace libre maximal sans éoliennes	156°	81°

• Depuis Avesnes-les-Aubert Sud-Est

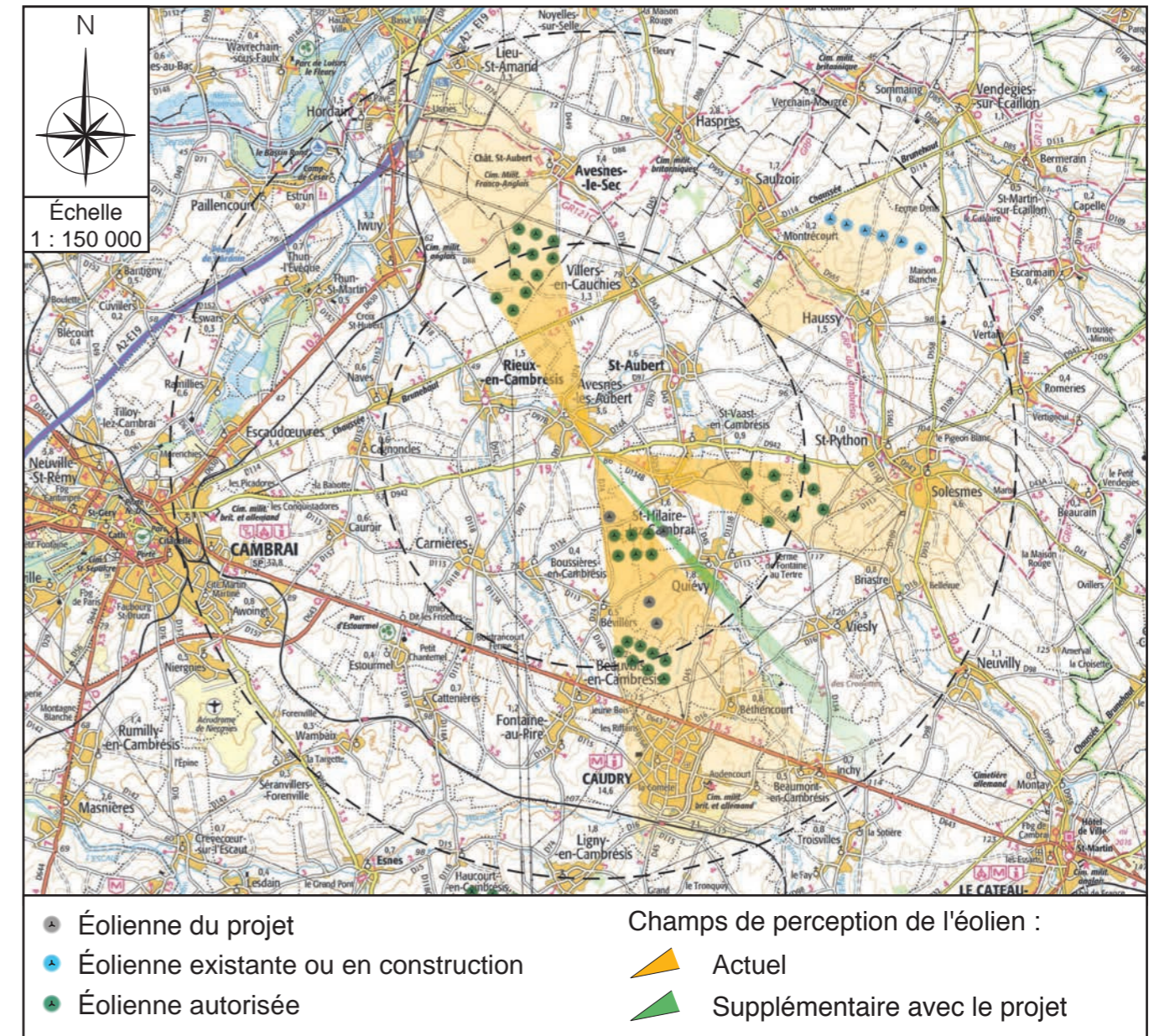


Figure 89 : Champ de perception depuis la RD 942 en sortie Sud-Est d'Avesnes-les-Aubert

		de 0 à 5 km	de 0 à 10 km
État actuel	Éoliennes existantes	25	25 + 15 = 40
	Angle d'horizon initialement occupé	74°	74 + 15 = 89°
	Densité	0,34	0,45
	Espace libre maximal sans éoliennes	154°	154°
Avec le projet	Angle d'horizon occupé	74 + 4 = 78°	89 + 4 = 93°
	Densité	0,37	0,47
	Espace libre maximal sans éoliennes	154°	154°

• Depuis Bévillers Est

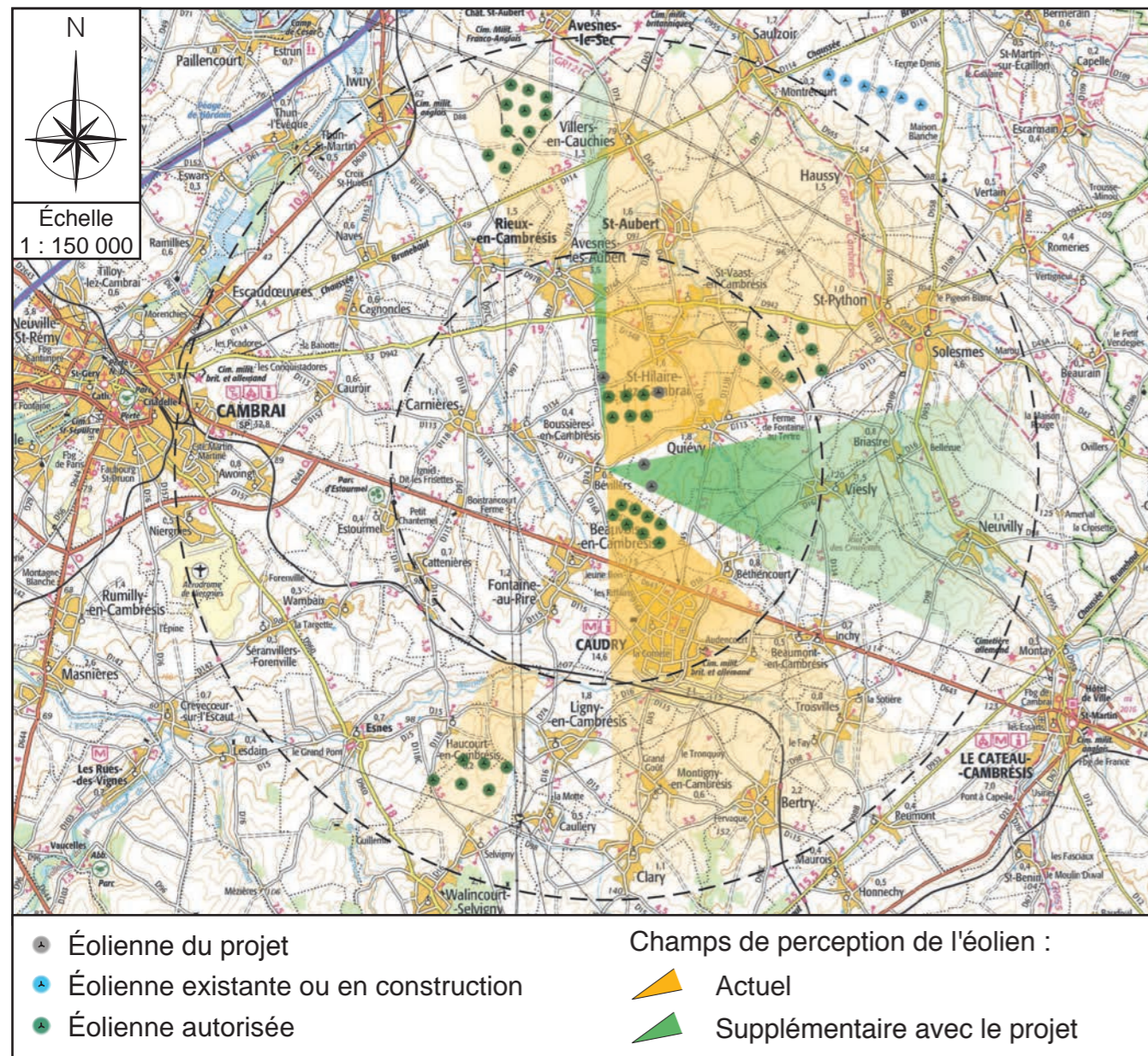


Figure 90 : Champ de perception depuis la RD 113 en sortie Est de Bévillers

		de 0 à 5 km	de 0 à 10 km
État actuel	Éoliennes existantes	20	20 + 20 = 40
	Angle d'horizon initialement occupé	116°	116 + 26 = 142°
	Densité	0,17	0,28
	Espace libre maximal sans éoliennes	178°	129°
Avec le projet	Angle d'horizon occupé	116 + 40 = 156°	142 + 26 = 168°
	Densité	0,15	0,26
	Espace libre maximal sans éoliennes	174°	129°

• Depuis Caudry Nord

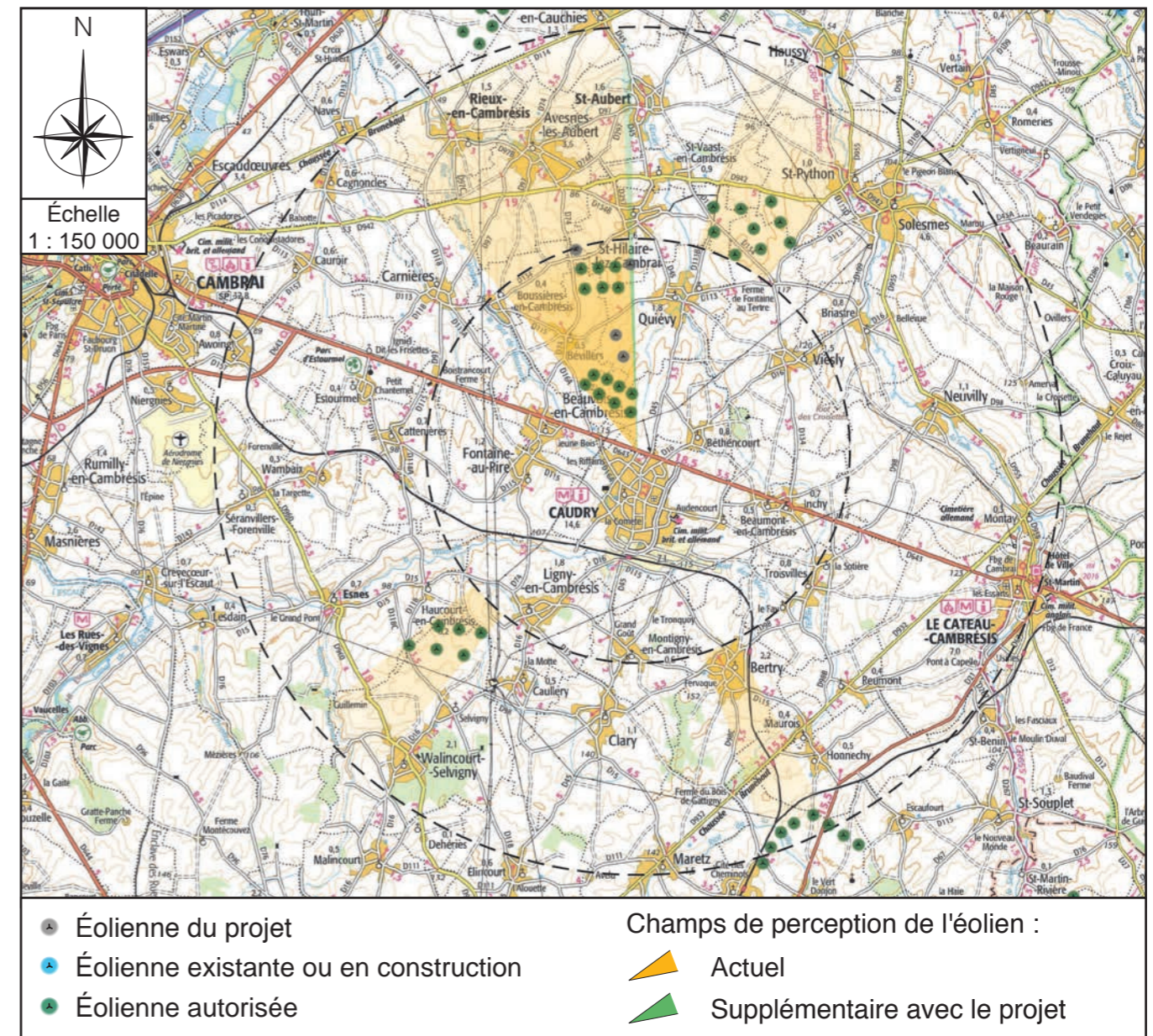


Figure 91 : Champ de perception depuis la RD 643 en sortie Nord de Caudry

		de 0 à 5 km	de 0 à 10 km
État actuel	Éoliennes existantes	14	24 + 20 = 44
	Angle d'horizon initialement occupé	38°	38 + 41 = 71°
	Densité	0,37	0,62
	Espace libre maximal sans éoliennes	332°	114°
Avec le projet	Angle d'horizon occupé	38 + 2 = 40°	71 + 2 = 73°
	Densité	0,13	0,66
	Espace libre maximal sans éoliennes	332 - 2 = 330°	114°

• Depuis Béthencourt Nord-Ouest

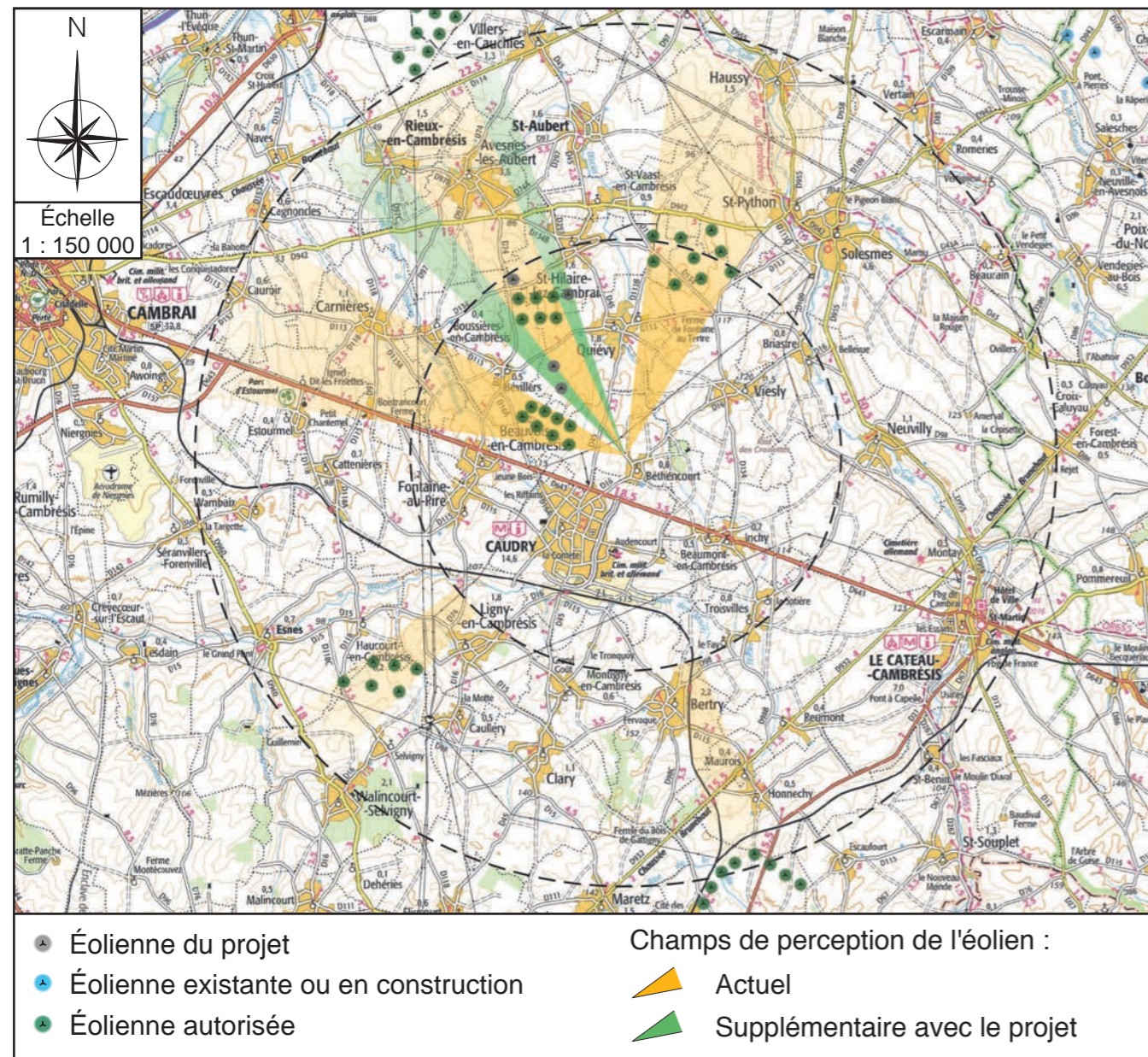


Figure 92 : Champ de perception depuis la sortie Nord-Ouest de Béthencourt

		de 0 à 5 km	de 0 à 10 km
État actuel	Éoliennes existantes	19	19 + 13 = 32
	Angle d'horizon initialement occupé	63°	63 + 18 = 81°
	Densité	0,30	0,40
	Espace libre maximal sans éoliennes	247°	129°
Avec le projet	Angle d'horizon occupé	63 + 15 = 78°	81 + 15 = 96°
	Densité	0,29	0,37
	Espace libre maximal sans éoliennes	247°	129°

• Depuis Boussières-en-Cambrésis Nord

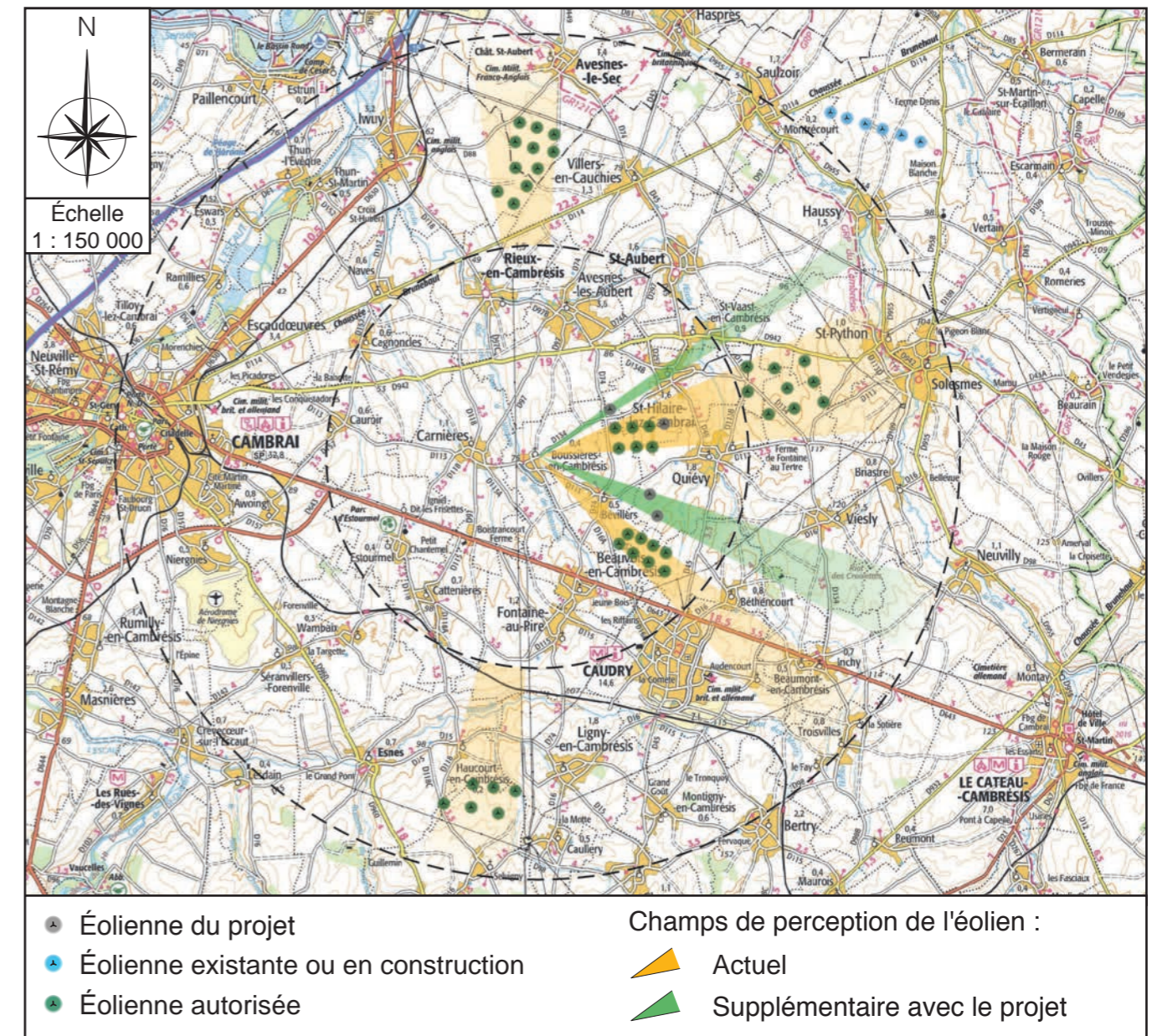


Figure 93 : Champ de perception depuis la RD 134 en sortie Nord-Est de Boussières-en-Cambrésis

		de 0 à 5 km	de 0 à 10 km
État actuel	Éoliennes existantes	14	14 + 26 = 40
	Angle d'horizon initialement occupé	32°	30 + 26 = 56°
	Densité	0,44	0,71
	Espace libre maximal sans éoliennes	289°	175°
Avec le projet	Angle d'horizon occupé	32 + 14 = 46°	56 + 14 = 70°
	Densité	0,39	0,63
	Espace libre maximal sans éoliennes	289 - 12 = 277°	175°

- Interprétation

On remarque tout d'abord que, sans tenir compte du projet, la densité d'éoliennes est toujours importante dans les angles d'horizon occupés. La visibilité des éoliennes dans ces secteurs est certes renforcée, mais il s'agit d'une conséquence logique et même favorable de la préconisation de densification du SRE. En effet, cette concentration de certains secteurs va de pair avec le développement de l'éolien tout en laissant dégagés les autres secteurs.

Globalement, les éoliennes du projet renforcent cette densité des angles de vue déjà occupés.

Ensuite, l'angle de vue maximal sans éolienne est toujours, avec ou sans le projet, supérieur à 60°. Néanmoins, comme on se situe dans un pôle de développement de l'éolien, il n'y a qu'en s'en éloignant un peu que l'angle de vue libre de toute éolienne dépasse 180°.

Enfin, concernant l'angle d'horizon occupé par l'éolien avec le projet, celui-ci n'augmente significativement qu'en sortie Est de Bévillers, lorsque les 2 éoliennes Sud du projet apparaissent entre les 2 parties Nord et Sud du parc de la Voie du Moulin Jérôme.

D'autres aspects paysager viennent moduler ces appréciations. Rappelons d'abord que les masques visuels (végétation, bâti, relief...) ne sont pas pris en compte pour déterminer les angles de perception. S'ajoutent aussi des considérations subjectives :

- d'appréciation du paysage et des éoliennes, qu'il est difficile de quantifier, et qui entrent en jeu dans l'acceptabilité des projets,
- dans la détermination des critères "seuils".

En conclusion, les éoliennes du projet viennent en extension d'un projet accepté dans un secteur de densification de l'éolien. Les angles occupés par l'éolien seront peu augmentés, tandis que la densité de ces angles occupés sera renforcé.

#### **E.2.8.4 - Impact du transformateur et du poste de livraison**

Les transformateurs seront intégrés dans les éoliennes et n'auront donc aucun impact visuel.

Le poste de livraison n'aura qu'un impact très limité sur le paysage, sans comparaison avec l'impact des éoliennes.

#### **E.2.8.5 - Impact du tracé du raccordement électrique**

Le chantier de pose des câbles d'alimentation depuis les postes de livraison jusqu'au poste source n'est pas géré par le développeur Energieteam mais par ERDF. Son impact sera faible et limité dans le temps à la phase travaux. Il sera nul après les travaux car il s'agit de câbles enterrés.

En outre, les mesures de remise en état des zones concernées par la tranchée seront prises : réfection des voiries, ré-engazonnement des bas-côtés,... (voir partie "H - Mesures réductrices, compensatoires et d'accompagnement des impacts, et suivi des mesures", page 285).

#### **E.2.8.6 - Impact du balisage lumineux**

La DGAC impose le balisage lumineux des nacelles des éoliennes. Ce balisage est blanc le jour, peu visible, et rouge la nuit afin d'en atténuer l'effet.

L'allumage et l'extinction du balisage lumineux sont simultanés et coordonnés entre les éoliennes du parc afin d'éviter un effet de foisonnement.

Le balisage lumineux est destiné à être vu. Il sera donc visible, la nuit, depuis les points de vue où les éoliennes sont visibles le jour.

#### **E.2.8.7 - Impact des travaux**

La plupart des impacts liés aux travaux sont temporaires.

- Fondations des éoliennes

Les fondations de chaque éolienne seront constituées d'un massif de béton enterré. Seule une surface de l'ordre de 9,5 m de diamètre émergera du sol.

Au cours des travaux de terrassement, les terres seront temporairement stockées, pendant environ deux mois. Les terres excédentaires, remplacées par le béton des fondations, seront évacuées et le terrain restitué dans sa topographie d'origine.

On veillera à ce que les terres végétales et les terres issues du terrassement en profondeur soient stockées séparément. Les terres végétales inutilisées seront utilisées

sur site par les exploitants, notamment pour compenser les pertes liées à l'érosion qui se produit au niveau des cultures (cette érosion n'est pas liée au projet).

- Aires de montage et chemins d'accès

Les aires de montage sont destinées à recevoir les grues de levage des modules d'éoliennes : sections de pylône, nacelle, rotor et pales.

Légèrement inclinée de façon à évacuer les eaux de pluie vers la rive, chaque aire permettra de circuler aux abords de chaque éolienne. Les cultures viendront jusqu'en limite de cette aire.

Comme les chemins d'accès, les aires de montage demeureront après les travaux de façon à pouvoir à nouveau intervenir, le cas échéant, pour des opérations de maintenance.

### E.2.8.8 - Conclusion

Le projet s'inscrit dans une évolution de la perception de l'image paysagère du secteur, inhérente à l'application des objectifs du Schéma Régional Éolien, et déjà bien engagée par l'approbation de plusieurs projets dans le secteur.

Globalement, le projet occasionnera peu d'incidence visuelle supplémentaire. Son éloignement des sites et monuments d'intérêt patrimonial limite encore cette incidence.

## E.2.9 - IMPACT SUR LA SANTÉ (VOLET SANITAIRE)

L'analyse des effets du projet sur la santé constitue un prolongement de l'étude d'impact, consacré aux effets du projet sur l'environnement qu'elle traduit en risque pour la santé humaine.

L'évaluation du risque sanitaire induit par le projet peut être défini comme la détermination :

- des dangers intrinsèques inhérents aux substances produites ou utilisées, du taux de nuisances émises par l'activité envisagée (toxicité, effets cancérigènes ou mutagènes,...),
- du degré d'exposition à ces substances et nuisances auxquelles l'homme peut être soumis,
- de la caractérisation du risque qui en découle.

### E.2.9.1 - Analyse préliminaire des voies d'exposition et des sources de dommages pour la santé

Lors de la construction du parc, des nuisances liées aux déplacements des engins et à la réalisation des travaux pourront être observées, notamment un dégagement de poussières. Celles-ci seront limitées à la phase chantier.

Les éoliennes ne rejettent aucune matière polluante (pas de rejet aqueux, pas de rejet gazeux). Les seuls aspects pouvant engendrer une incidence négative sur la santé sont :

- le bruit émis,
- l'effet stroboscopique,
- l'effet électromagnétique,
- le dérangement visuel.

Par contre, les éoliennes participent globalement à la réduction des gaz à effet de serre et autres polluants. Elles contribuent donc à l'amélioration de la qualité de l'air.

L'aspect visuel ayant déjà été traité dans les chapitres précédents, les trois autres points font l'objet d'un développement particulier.

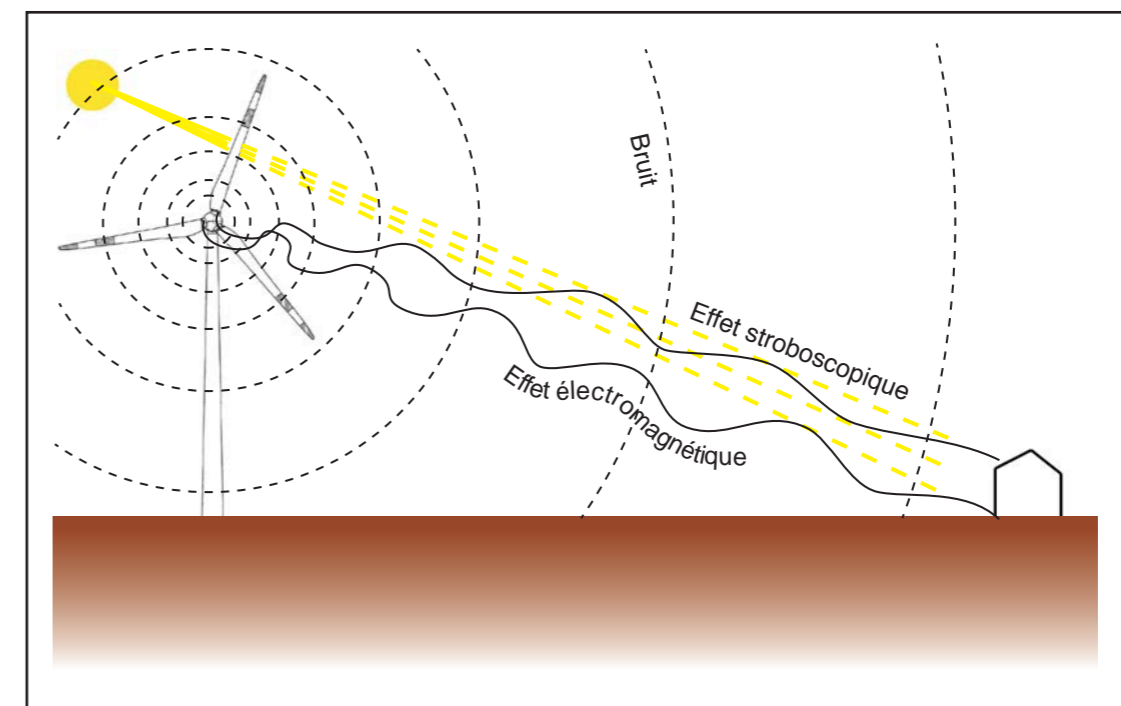


Figure 94 : Voies d'exposition et des sources possibles de dommages pour la santé



## E.2.9.2 - Acoustique

L'étude acoustique complète est jointe en annexe.

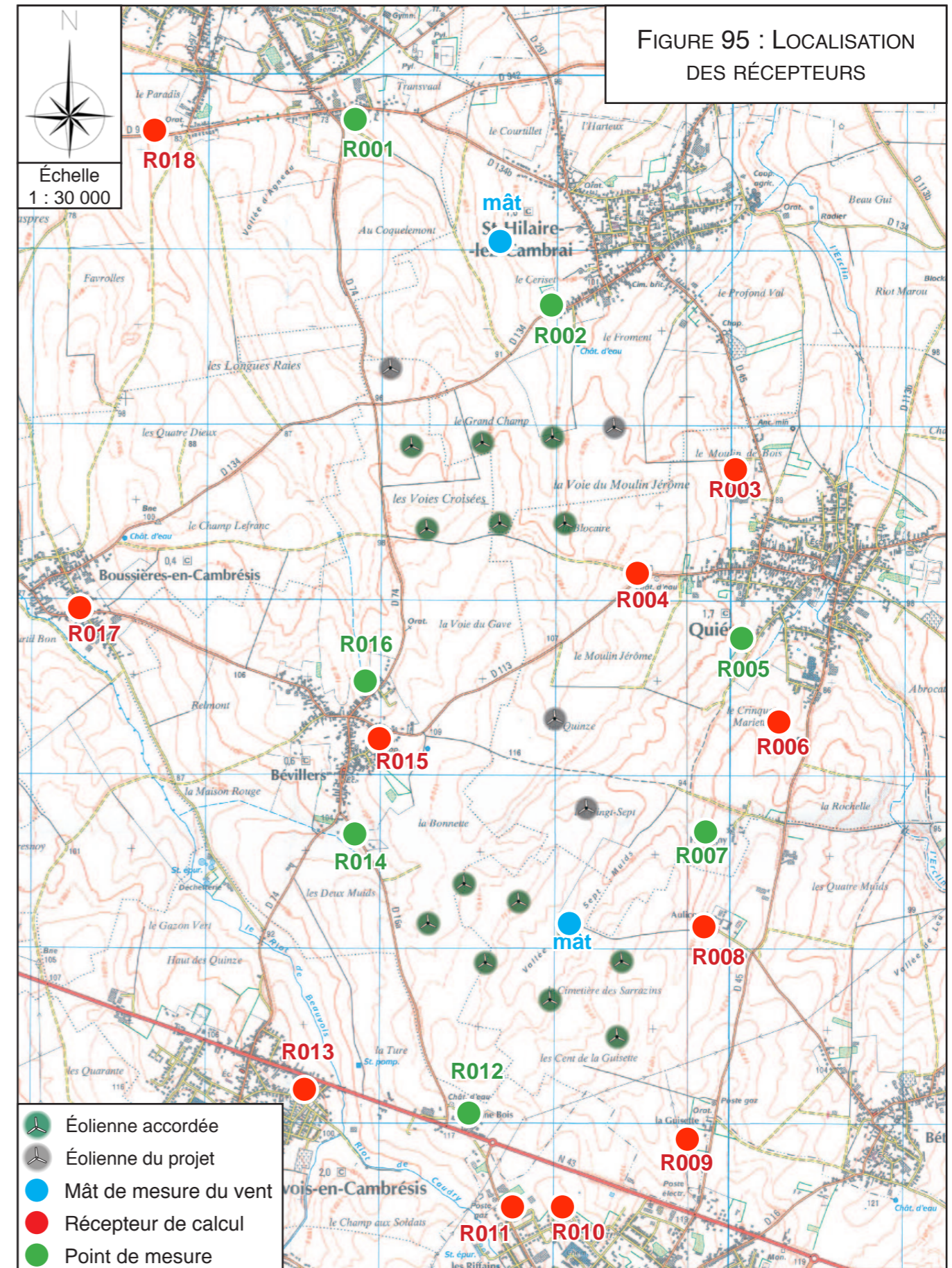
### E.2.9.2.1 - Récepteurs de calculs

Les simulations effectuées par le biais de la modélisation sont exploitées sous forme de tableaux de calculs pour des points récepteurs précis. Ces points sont ceux retenus pour l'évaluation de la situation sonore sur site ainsi que d'autres positions ajoutées de manière à élargir l'évaluation des impacts (Figure 95).

Nos mesures sont réalisées aux points identifiés comme les plus sensibles autour de la zone de projet. Les positions ajoutées en calculs présenteront selon toute vraisemblance une situation sonore initiale soit plus forte, soit identique à celles mesurées. De ce fait, nous attribuons ensuite à chaque récepteur ajouté en calcul l'hypothèse de bruit résiduel la plus adaptée.

Récepteurs de calcul

Récepteurs	Lieux	Référence de bruit résiduel
R001_A	Avesnes Sud D74	Mesure
R002_A	St Hilaire D134	Mesure
R003_A	Quiévy Moulin de bois	R005
R004_A	Quiévy Château d'eau	R005
R005_A	Quiévy Sud	Mesure
R006_A	Quiévy D45	R005
R007_A	Herpigny	Mesure
R008_A	Aulicourt	R007
R009_A	La Guisette	R007
R010_A	Caudry Nord 1	R012
R011_A	Caudry Nord 2	R012
R012_A	Caudry Château d'eau	Mesure
R013_A	Beauvois N43	R012
R014_A	Bévilleers Sud	Mesure
R015_A	Bévilleers Est	R014
R016_A	Bévilleers Nord	Mesure
R017_A	Boussières Château d'eau	R017
R018_A	Avesnes Sud D942	R001



### E.2.9.2.2 - Évaluation des impacts, seuils réglementaires

En période diurne (07h-22h) et nocturne (22h-07h), l'étude prévoit une exploitation en fonctionnement normal.

#### • Résultats des bruits ambiants

Les bruits ambiants ainsi calculés au niveau de ces points de calcul sont reportés dans les tableaux suivants : Il s'agit de la somme logarithmique du bruit résiduel mesuré et du bruit particulier émis au point de calcul par l'ensemble des machines.

Position d'étude	Bruits ambiants calculés - période <b>DIURNE</b> - dB(A)							
	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s
<b>Avesnes Sud D74</b>			45,2	46,6	48,0	49,5	50,9	52,3
<b>St Hilaire D134</b>			42,7	44,9	46,8	48,3	49,7	50,9
<b>Quiévy Moulin de bois</b>			42,5	45,4	47,9	50,0	51,9	53,5
<b>Quiévy Château d'eau</b>			42,5	45,5	48,0	50,0	51,9	53,5
<b>Quiévy Sud</b>			42,5	45,4	47,9	50,0	51,8	53,5
<b>Quiévy D45</b>			42,5	45,4	47,9	49,9	51,8	53,5
<b>Herpigny</b>			46,3	48,5	50,3	51,9	53,3	54,5
<b>Aulicourt</b>			46,2	48,4	50,3	51,8	53,3	54,5
<b>La Guisette</b>			46,2	48,4	50,2	51,8	53,3	54,5
<b>Caudry Nord 1</b>			40,1	41,7	43,2	44,8	46,4	48,0
<b>Caudry Nord 2</b>			40,1	41,7	43,2	44,8	46,4	48,0
<b>Caudry Château d'eau</b>			40,1	41,7	43,2	44,8	46,4	48,0
<b>Beauvois N43</b>			40,1	41,7	43,2	44,8	46,4	48,0
<b>Bévillers Sud</b>			42,6	44,5	46,3	48,2	50,0	51,8
<b>Bevillers Est</b>			42,6	44,6	46,4	48,3	50,0	51,9
<b>Bévillers Nord</b>			44,3	45,9	47,3	48,5	49,6	50,6
<b>Boussières Château d'eau</b>			44,2	45,8	47,2	48,4	49,5	50,5
<b>Avesnes Sud D942</b>			45,2	46,6	48,0	49,5	50,9	52,3
Position d'étude	Bruits ambiants calculés - période <b>NOCTURNE</b> - dB(A)							
	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s
<b>Avesnes Sud D74</b>			34,3	36,6	38,9	41,1	43,4	45,7
<b>St Hilaire D134</b>			36,4	39,7	42,8	45,6	48,6	51,7
<b>Quiévy Moulin de bois</b>			33,4	37,0	39,8	42,1	44,2	46,1
<b>Quiévy Château d'eau</b>			33,5	37,1	39,9	42,2	44,2	46,1
<b>Quiévy Sud</b>			33,2	36,8	39,6	41,9	44,1	46,0
<b>Quiévy D45</b>			32,9	36,5	39,4	41,8	44,0	45,9
<b>Herpigny</b>			36,5	39,5	42,0	43,9	45,7	47,3
<b>Aulicourt</b>			36,3	39,3	41,8	43,8	45,6	47,2
<b>La Guisette</b>			36,0	38,9	41,4	43,5	45,4	47,1
<b>Caudry Nord 1</b>			34,1	36,1	38,1	40,1	42,1	44,2
<b>Caudry Nord 2</b>			34,1	36,1	38,1	40,1	42,1	44,2
<b>Caudry Château d'eau</b>			34,1	36,2	38,2	40,2	42,1	44,2
<b>Beauvois N43</b>			34,1	36,1	38,1	40,1	42,1	44,2
<b>Bévillers Sud</b>			34,9	37,5	40,0	42,5	44,9	47,4
<b>Bevillers Est</b>			35,2	37,9	40,5	42,8	45,0	47,5
<b>Bévillers Nord</b>			34,3	36,9	38,9	40,4	41,7	42,9
<b>Boussières Château d'eau</b>			33,7	36,0	38,0	39,7	41,2	42,5
<b>Avesnes Sud D942</b>			34,2	36,5	38,8	41,1	43,4	45,6

**L<sub>Amb</sub>≤35** : Suivant l'arrêté d'août 2011, l'émergence n'est calculée que pour les situations présentant un bruit ambiant supérieur à 35 dB(A).

#### • Évaluation des émergences réglementaires

L'émergence est de la différence arithmétique entre le bruit ambiant calculé et le bruit résiduel mesuré, pour chaque vitesse de vent, pour l'ensemble des éoliennes du projet.

L'émergence maximale tolérée en période diurne est de 5 dB(A), en période nocturne elle est de 3 dB(A). Si le bruit ambiant est inférieur ou égale à 35 dB(A), il n'y a pas de notion d'émergence.

Position d'étude	Bruits ambiants calculés - période DIURNE - dB(A)							
	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s
<b>Avesnes Sud D74</b>			45,2	46,6	48,0	49,5	50,9	52,3
<b>St Hilaire D134</b>			42,7	44,9	46,8	48,3	49,7	50,9
<b>Quiévy Moulin de bois</b>			42,5	45,4	47,9	50,0	51,9	53,5
<b>Quiévy Château d'eau</b>			42,5	45,5	48,0	50,0	51,9	53,5
<b>Quiévy Sud</b>			42,5	45,4	47,9	50,0	51,8	53,5
<b>Quiévy D45</b>			42,5	45,4	47,9	49,9	51,8	53,5
<b>Herpigny</b>			46,3	48,5	50,3	51,9	53,3	54,5
<b>Aulicourt</b>			46,2	48,4	50,3	51,8	53,3	54,5
<b>La Guisette</b>			46,2	48,4	50,2	51,8	53,3	54,5
<b>Caudry Nord 1</b>			40,1	41,7	43,2	44,8	46,4	48,0
<b>Caudry Nord 2</b>			40,1	41,7	43,2	44,8	46,4	48,0
<b>Caudry Château d'eau</b>			40,1	41,7	43,2	44,8	46,4	48,0
<b>Beauvois N43</b>			40,1	41,7	43,2	44,8	46,4	48,0
<b>Béviliers Sud</b>			42,6	44,5	46,3	48,2	50,0	51,8
<b>Beviliers Est</b>			42,6	44,6	46,4	48,3	50,0	51,9
<b>Béviliers Nord</b>			44,3	45,9	47,3	48,5	49,6	50,6
<b>Boussières Château d'eau</b>			44,2	45,8	47,2	48,4	49,5	50,5
<b>Avesnes Sud D942</b>			45,2	46,6	48,0	49,5	50,9	52,3
Position d'étude	Émergences calculées - période NOCTURNE - dB(A)							
	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s
<b>Avesnes Sud D74</b>			Lamb<35	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
<b>St Hilaire D134</b>			0,7	0,8	0,7	0,4	0,2	0,1
<b>Quiévy Moulin de bois</b>			Lamb<35	1,0	0,9	0,6	0,4	0,3
<b>Quiévy Château d'eau</b>			Lamb<35	1,1	1,0	0,7	0,4	0,3
<b>Quiévy Sud</b>			Lamb<35	0,8	0,7	0,4	0,3	0,2
<b>Quiévy D45</b>			Lamb<35	0,5	0,5	0,3	0,2	0,1
<b>Herpigny</b>			0,5	0,6	0,6	0,4	0,3	0,2
<b>Aulicourt</b>			0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1
<b>La Guisette</b>			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Caudry Nord 1</b>			Lamb<35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Caudry Nord 2</b>			Lamb<35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Caudry Château d'eau</b>			Lamb<35	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
<b>Beauvois N43</b>			Lamb<35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Béviliers Sud</b>			Lamb<35	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
<b>Beviliers Est</b>			0,7	0,9	0,9	0,6	0,3	0,2
<b>Béviliers Nord</b>			Lamb<35	1,0	1,0	0,8	0,6	0,5
<b>Boussières Château d'eau</b>			Lamb<35	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>Avesnes Sud D942</b>			Lamb<35	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0

**Lamb $\leq$ 35** : Suivant l'arrêté d'août 2011, l'émergence n'est calculée que pour les situations présentant un bruit ambiant supérieur à 35 dB(A).

Selon nos mesures sur site et via les outils méthodologiques disponibles, les résultats obtenus sont :

Pour la période diurne : Il n'y a pas de dépassements prévisionnels d'émergences.

Pour la période nocturne : Il n'y a pas de dépassements prévisionnels d'émergences.

#### • Résultats des seuils en limite de périmètre

L'arrêté du 26 Août 2011 spécifie un périmètre de contrôle autour des machines. Ce périmètre correspond au plus petit polygone dans lequel sont inscrits les disques de centre chaque aérogénérateur et de rayon R. Ce rayon R est égal à 1,2 x (hauteur de moyeu + longueur d'un demi-rotor).

L'analyse des impacts est conforme avec les seuils limites fixés par l'arrêté du 26 août 2011 (voir annexes pour plus de détail).

#### • Tonalités marquées

L'installation ne doit pas être à l'origine de tonalités marquées plus de 30 % de son temps de fonctionnement. L'analyse des tonalités marquées est conforme avec les seuils limites fixés par l'arrêté du 26 août 2011.

#### **E.2.9.2.3 - Évaluation des impacts avec le parc accepté**

Le parc se situera à proximité immédiate du parc de la Voie du Moulin Jérôme (Maia Eolis), accordé mais non construit.

Le projet étudié par cette société comprend 14 machines de type Repower MM104. Le fonctionnement de ce parc est celui étudié dans le cadre de son autorisation, avec un fonctionnement normal en journée et bridé la nuit.

Les tableaux en page suivante présentent les résultats des bruits ambiants estimés et des émergences réglementaires.

#### **E.2.9.2.4 - Conclusion**

Suivant les mesures sur site et les outils et hypothèses pris en compte pour le dossier, pour les différents aspects comportant des limites fixées par l'arrêté ministériel d'août 2011 :

- Les émergences sonores sont respectées en fonctionnement normal sur la période diurne (07h-22h)
- Les émergences sonores sont respectées en fonctionnement normal sur la période nocturne (22h-07h)
- Les seuils maximum en limite de périmètre de contrôle sont respectés, pour la période diurne et pour la période nocturne.
- Les éoliennes ne présentent pas de tonalités marquées.

Ainsi, compte tenu de ces résultats, l'étude des impacts acoustiques montre un projet à même de respecter les émergences réglementaires qui lui seront fixées.

• Résultats des bruits ambiants

Position d'étude	Bruits ambiants calculés - période DIURNE - dB(A)							
	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s
<b>Avesnes Sud D74</b>			45,2	46,6	48,0	49,5	50,9	52,3
<b>St Hilaire D134</b>			43,0	45,4	47,2	48,4	49,9	51,1
<b>Quiévy Moulin de bois</b>			42,6	45,6	48,0	50,0	51,9	53,6
<b>Quiévy Château d'eau</b>			42,8	45,7	48,2	50,1	52,0	53,6
<b>Quiévy Sud</b>			42,6	45,5	48,0	50,0	51,9	53,6
<b>Quiévy D45</b>			42,5	45,4	47,9	50,0	51,9	53,5
<b>Herpigny</b>			46,3	48,6	50,4	51,9	53,4	54,6
<b>Aulicourt</b>			46,4	48,7	50,5	51,9	53,4	54,6
<b>La Guisette</b>			46,3	48,6	50,4	51,8	53,4	54,6
<b>Caudry Nord 1</b>			40,3	42,1	43,6	44,9	46,6	48,1
<b>Caudry Nord 2</b>			40,4	42,2	43,7	44,9	46,6	48,2
<b>Caudry Château d'eau</b>			40,7	42,6	44,1	45,1	46,9	48,3
<b>Beauvois N43</b>			40,4	42,1	43,6	45,0	46,6	48,2
<b>Béviliers Sud</b>			43,1	45,2	46,9	48,5	50,3	52,1
<b>Beviliers Est</b>			42,9	45,0	46,7	48,4	50,2	52,0
<b>Béviliers Nord</b>			44,5	46,2	47,6	48,7	49,8	50,7
<b>Boussières Château d'eau</b>			44,2	45,8	47,2	48,4	49,5	50,5
<b>Avesnes Sud D942</b>			45,2	46,6	48,0	49,5	50,9	52,3
Position d'étude	Bruits ambiants calculés - période NOCTURNE - dB(A)							
	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s
<b>Avesnes Sud D74</b>			34,4	36,8	39,1	41,2	43,4	45,7
<b>St Hilaire D134</b>			37,6	41,0	43,8	45,8	48,9	51,8
<b>Quiévy Moulin de bois</b>			34,3	37,9	40,5	42,3	44,5	46,2
<b>Quiévy Château d'eau</b>			35,1	38,7	41,2	42,5	44,7	46,4
<b>Quiévy Sud</b>			33,8	37,4	40,0	42,0	44,2	46,1
<b>Quiévy D45</b>			33,4	37,0	39,7	41,9	44,1	46,0
<b>Herpigny</b>			37,3	40,4	42,7	44,1	46,0	47,5
<b>Aulicourt</b>			37,8	41,0	43,2	44,1	46,2	47,6
<b>La Guisette</b>			37,1	40,2	42,5	43,8	45,9	47,4
<b>Caudry Nord 1</b>			34,9	37,4	39,3	40,4	42,6	44,5
<b>Caudry Nord 2</b>			35,1	37,6	39,5	40,4	42,7	44,6
<b>Caudry Château d'eau</b>			36,0	38,8	40,6	40,9	43,3	45,0
<b>Beauvois N43</b>			35,1	37,5	39,3	40,6	42,7	44,6
<b>Béviliers Sud</b>			37,4	40,0	42,2	43,6	46,0	48,1
<b>Beviliers Est</b>			36,5	39,5	41,6	43,3	45,6	47,8
<b>Béviliers Nord</b>			35,9	38,8	40,5	41,3	42,9	43,8
<b>Boussières Château d'eau</b>			33,9	36,2	38,2	39,8	41,3	42,5
<b>Avesnes Sud D942</b>			34,2	36,5	38,8	41,1	43,4	45,6

**L<sub>Amb</sub>≤35** : Suivant l'arrêté d'août 2011, l'émergence n'est calculée que pour les situations présentant un bruit ambiant supérieur à 35 dB(A).

• Évaluation des émergences réglementaires

Position d'étude	Émergences calculées - période DIURNE - dB(A)							
	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s
<b>Avesnes Sud D74</b>			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>St Hilaire D134</b>			0,5	0,7	0,7	0,3	0,4	0,3
<b>Quiévy Moulin de bois</b>			0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1
<b>Quiévy Château d'eau</b>			0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,1
<b>Quiévy Sud</b>			0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
<b>Quiévy D45</b>			0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
<b>Herpigny</b>			0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
<b>Aulicourt</b>			0,2	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1
<b>La Guisette</b>			0,1	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1
<b>Caudry Nord 1</b>			0,2	0,4	0,4	0,1	0,2	0,1
<b>Caudry Nord 2</b>			0,3	0,5	0,5	0,1	0,2	0,2
<b>Caudry Château d'eau</b>			0,6	0,9	0,9	0,3	0,5	0,3
<b>Beauvois N43</b>			0,3	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2
<b>Béviliers Sud</b>			0,6	0,8	0,7	0,4	0,4	0,3
<b>Beviliers Est</b>			0,4	0,6	0,5	0,3	0,3	0,2
<b>Béviliers Nord</b>			0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2
<b>Boussières Château d'eau</b>			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Avesnes Sud D942</b>			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Position d'étude	Émergences calculées - période NOCTURNE - dB(A)							
	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s
<b>Avesnes Sud D74</b>			Lamb<35	0,4	0,4	0,2	0,1	0,1
<b>St Hilaire D134</b>			1,9	2,1	1,7	0,6	0,5	0,2
<b>Quiévy Moulin de bois</b>			Lamb<35	2,0	1,6	0,8	0,7	0,4
<b>Quiévy Château d'eau</b>			2,7	2,8	2,3	1,0	0,9	0,6
<b>Quiévy Sud</b>			Lamb<35	1,4	1,1	0,5	0,4	0,3
<b>Quiévy D45</b>			Lamb<35	1,1	0,8	0,4	0,3	0,2
<b>Herpigny</b>			1,3	1,5	1,3	0,6	0,6	0,4
<b>Aulicourt</b>			1,8	2,1	1,8	0,6	0,8	0,5
<b>La Guisette</b>			1,1	1,3	1,1	0,3	0,5	0,3
<b>Caudry Nord 1</b>			Lamb<35	1,3	1,2	0,3	0,5	0,3
<b>Caudry Nord 2</b>			1,1	1,5	1,4	0,3	0,6	0,4
<b>Caudry Château d'eau</b>			2,0	2,7	2,5	0,8	1,2	0,8
<b>Beauvois N43</b>			1,1	1,4	1,2	0,5	0,6	0,4
<b>Béviliers Sud</b>			2,9	3,0	2,6	1,4	1,3	0,8
<b>Beviliers Est</b>			2,0	2,5	2,0	1,1	0,9	0,5
<b>Béviliers Nord</b>			2,4	2,9	2,6	1,7	1,8	1,4
<b>Boussières Château d'eau</b>			Lamb<35	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1
<b>Avesnes Sud D942</b>			Lamb<35	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0

**L<sub>Amb</sub>≤35** : Suivant l'arrêté d'août 2011, l'émergence n'est calculée que pour les situations présentant un bruit ambiant supérieur à 35 dB(A).

L'impact cumulé des deux futurs parcs respectent les seuils réglementaires d'émergences.

### E.2.9.3 - Champs électromagnétiques

L'article 6 de l'arrêté du 26 août 2011 indique que les habitations ne doivent pas être exposées à un champ magnétique émanant des aérogénérateurs supérieur à 100 microteslas à 50-60 Hz.

Or, des champs électriques et magnétiques sont présents :

- au niveau des aérogénérateurs,
- au niveau des câbles électriques permettant d'évacuer l'électricité produite.

Les effets de ces champs électromagnétiques sur la santé sont étudiés depuis plusieurs années par des organisations comme l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM), l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS), et l'Académie Nationale de Médecine.

Les liens de causalité entre la présence de ces champs et un risque sanitaire sont particulièrement difficiles à établir.

RTE<sup>1</sup> indique les valeurs de champs magnétiques (en microteslas) pour un courant de 50 Hz en fonction du type de ligne et de la distance (tableau ci-dessous)

Distance par rapport à la ligne (en m)		0	5	15	30	100	
Type de ligne électrique	Aérienne	400 000 V	6	-	-	2	0,2
		225 000 V	4	-	-	0,6	0,1
		90 000 V - 63 000 V	3	-	-	0,4	0,05
	Souterraine	225 000 V	4	0,6	0,08	-	<0,01
		90 000 V - 63 000 V	2,4	0,4	0,05	-	<0,01

<sup>1</sup> D'après RTE (Réseau de Transport de l'Électricité), <http://www.clefsdeschamps.info/Habitant-pres-d-une-ligne-haute>

Pour les parcs éoliens, dans la très grande majorité des cas, le risque sanitaire est minime pour 4 raisons principales :

- les raccordements électriques évitent les zones d'habitats,
- les tensions qui seront générées seront de 20 000 V, soit bien en deçà des tensions mentionnées dans le tableau précédent,
- les raccordements en souterrain limitent fortement le champ magnétique,
- les génératrices sont éloignées du sol ( $\geq 80$  m).

Par ailleurs, les études du constructeur Enercon ont démontré<sup>2</sup> que les valeurs sont très en deçà des recommandations. En effet, pour Enercon, dans la gamme d'éolienne E53 jusqu'à la E101, le niveau à l'extérieur à proximité immédiate de l'éolienne est au plus de 5  $\mu$ T ( $< 1.5 \mu$ T pour la gamme 50 Hz).

Les valeurs de champs électromagnétiques potentiellement générés par les éoliennes et les réseaux de câbles sont très faibles. Les habitations, qui sont situées à plus de 500 m, ne seront donc pas soumises à un champ supérieur à 100 microteslas.

<sup>2</sup> Sources : Enercon, *Measurements of magnetic fields outside ENERCON wind turbines*, 2012 ; Emtech, *Mesure de champs électromagnétiques*, 2014

### E.2.9.4 - Ombre et effet stroboscopique

#### E.2.9.4.1 - Généralités

##### • Les ombres d'un parc éolien

Lorsque le soleil brille, une éolienne projette, comme toute autre structure, une ombre sur le terrain qui l'entoure. Étant donnée la taille de ces génératrices (jusqu'à 150 m en sommet de pale), l'ombre est parfois conséquente.

Cette ombre dépend du site (topographie), de la durée du jour (variant au cours de l'année), de la durée d'ensoleillement, de la position des éoliennes et de leur orientation par rapport au soleil, donc de la direction du vent. Rappelons ici qu'une éolienne se positionne toujours en face du vent et non du soleil, ce qui a pour effet de limiter l'étendue réelle de la zone de projection des ombres.

##### • L'effet stroboscopique

Une éolienne présente aussi la particularité d'être constituée d'une partie fixe, le mât, et d'une partie pouvant être mobile, les pales. On constate donc, lorsqu'une éolienne est animée, que les pales coupent de façon répétitive la lumière du soleil. Bien que la fréquence de rotation du rotor soit relativement faible à observer (voir "Synthèse des caractéristiques", page 14), ces interruptions répétées de lumière provoquent un effet stroboscopique, uniquement perçu dans la zone d'ombre des pales de l'éolienne.

Il est important de préciser que l'effet stroboscopique, seule source de gêne provoquée par l'ombre pour les riverains, n'est perceptible que dans la partie de la zone d'ombre des éoliennes due aux pales en mouvement. L'ombre du mât d'une éolienne ne génère pas d'effet stroboscopique. Les calculs réalisés pour ce type d'étude simulent l'ombre de l'ensemble de l'éolienne, mât compris. Le logiciel ne fait pas de distinction entre la zone d'ombre de l'éolienne et la zone où l'effet stroboscopique se produit. En fait, la zone d'effet stroboscopique est incluse dans la zone d'ombre.

En conclusion, sous réserve qu'il y ait assez de vent pour animer l'éolienne et que le soleil brille, l'effet stroboscopique est ressenti si l'on est placé dans la zone de projection des ombres, dont l'étendue varie en fonction des directions du vent et des rayons lumineux.

## • Impact

Bien qu'il n'y ait pas encore eu d'étude médicale sérieuse sur ce sujet, on sait que cette transformation des rayons solaires en lumière stroboscopique peut être ressentie par des personnes qui y sont très régulièrement soumises. En effet, une exposition répétée et surtout prolongée sur un lieu où l'on réside longtemps, telle une habitation, peut provoquer des troubles légers du comportement tels qu'énervement ou fatigue.

On s'intéressera donc à l'apparition de cet effet stroboscopique uniquement dans les zones d'habitation. C'est pourquoi nous avons approfondi cette étude pour les zones d'habitats les plus exposées.

## • Législation

La réglementation française impose un minimum de 500 m d'éloignement des éoliennes vis-à-vis des habitations. À cette distance, il est admis que l'impact lié aux ombres est négligeable sur ces bâtiments.

L'article 5 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié impose des prescriptions pour les ombres seulement dans le cas de l'implantation d'éoliennes à moins de 250 mètres d'un bâtiment à usage de bureaux. Dans un tel cas, l'exploitant est tenu de réaliser une étude démontrant que l'ombre projetée de l'aérogénérateur n'impacte pas plus de trente heures par an et une demi-heure par jour le bâtiment.

## • Explications générales des ombres autour d'une éolienne

À partir de paramètres généraux, on peut calculer théoriquement que, sous nos latitudes, une éolienne de 150 m de haut (pales incluses) peut projeter une ombre jusqu'à 900 m environ.

L'observation du phénomène réel amène les constatations suivantes :

- En s'éloignant de l'objet obstacle, celui-ci ne cache plus entièrement le soleil. On dit que l'ombre est diffuse. L'effet stroboscopique est ainsi très atténué. Cette atténuation du phénomène stroboscopique se manifeste à partir d'un éloignement d'environ 500 m (pour le même type d'éolienne).
- L'opacification de l'atmosphère due aux particules (poussières, molécules, humidité, pollution de l'air) disperse les rayons solaires qui perdent de leur intensité.
- Cette opacification a un effet d'autant plus grand que le soleil est bas sur l'horizon (à l'aube et au crépuscule), car la distance parcourue par les rayons solaires dans l'atmosphère est plus longue, et donc leur intensité en est diminuée.

Ces effets tendent à limiter l'intensité des rayons solaires et donc l'effet stroboscopique.

Afin de bien comprendre les résultats pour ce projet, nous présentons ici une représentation de la zone d'ombres projetées pour une éolienne :

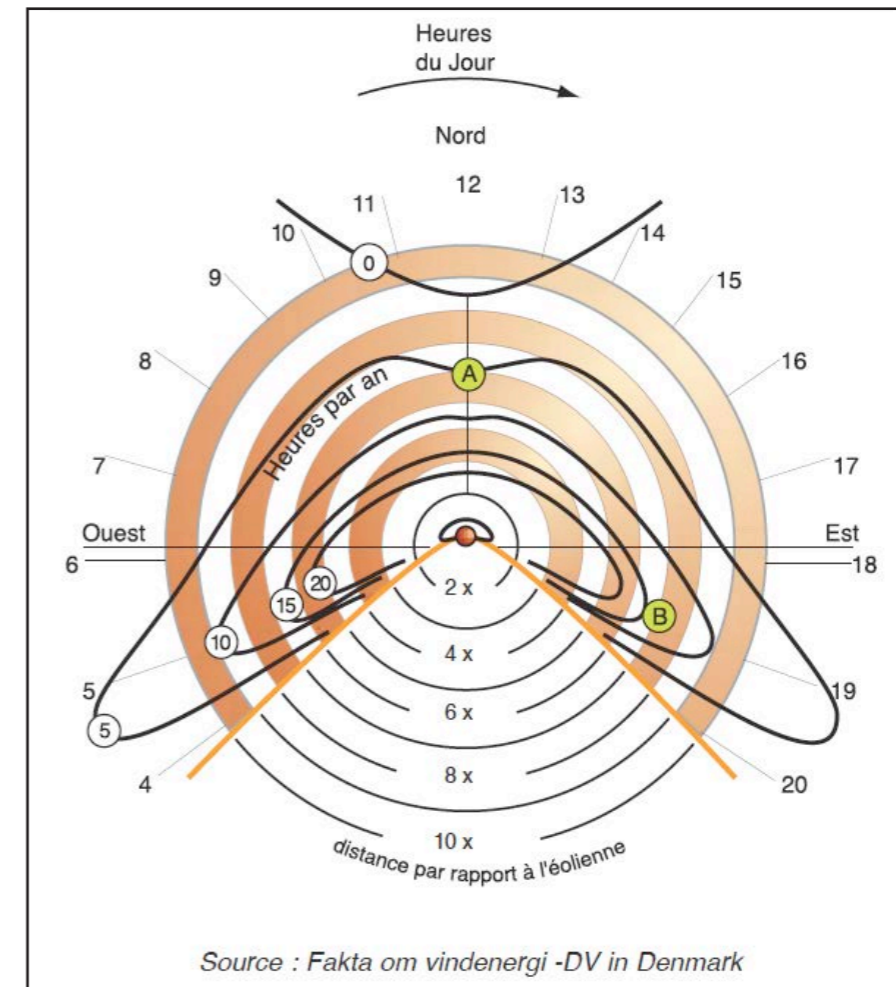


Figure 96 : Projection des ombres en fonction des heures de la journée, en proportion de la hauteur du mât

Dans cet exemple, deux maisons A et B se trouvent placées respectivement à une distance de 6 et 7 fois la hauteur de la tour de l'éolienne considérée.

Le diagramme montre que la maison A sera soumise au phénomène d'interruption lumineuse périodique pendant 5 heures chaque année. Pour la maison B, le phénomène durera 12 heures par an.

Sur ce graphique, la distance à l'éolienne est représentée en multiples de la taille de la tour de l'éolienne. Pour ce projet, les éoliennes auront une hauteur au moyen de 99,0 m.

#### **E.2.9.4.2 - Ombres projetées du parc éolien**

##### • Simulations

###### • Contexte réglementaire

En l'absence de législation française en matière d'exposition à l'ombre des éoliennes *pour l'habitat*, il n'existe pas en France de norme pour ces calculs. En effet, la réglementation imposant un minimum de 500 m vis-à-vis des habitations, il est admis que l'impact ombre est négligeable sur ces bâtiments. La seule réglementation applicable concerne les bâtiments à usage de bureaux.

##### • Présentation du calcul

Pour évaluer les temps d'exposition aux ombres projetées des éoliennes, on utilise le logiciel Windpro. Après avoir intégré les cartes, la topographie, les éoliennes (type et dimensions) ainsi que leurs références géographiques, et les masques boisés, nous pouvons calculer et visualiser sur la carte les zones exposées à ces ombres en fonction de la durée annuelle de cette exposition.

Le calcul a été réalisé avec les paramètres suivants :

- Taux d'ensoleillement annuel : statistiques météorologiques moyennes d'insolation,
- Position des machines par rapport au soleil (en fonction de la direction du vent),
- Fonctionnement : les éoliennes ne sont pas toujours animées (maintenance, vitesse du vent insuffisante...).

On ne prend pas en compte le soleil rasant pour des angles inférieurs à 3°. Ce choix, défini aussi dans la norme allemande, s'explique par la présence d'obstacles tels que la végétation ou les constructions même lointaines qui arrêtent les rayons solaires et surtout par les différentes couches de l'atmosphère qui dispersent les rayons lumineux quand le soleil est bas dans le ciel. Les constructions existantes et les arbres à proximité des habitations ne sont pas pris en compte dans les calculs.

Par le choix de ces paramètres, on est assuré que la simulation présente des résultats supérieurs en durée d'exposition à la réalité. L'impact réel sera donc encore plus faible.

##### • Résultat des calculs

La carte en Figure 97 illustre les résultats des simulations de l'exposition aux ombres en heures par année autour des 4 éoliennes du projet.

Le projet respecte les préconisations existantes en termes d'ombres projetées.

Les calculs montrent que l'impact sur les habitations de la projection d'ombres reste faible : environ 4 à 10 heures tout au plus pour les habitations les plus impactées, au Sud de Saint-Hilaire-lez-Cambrai et au Nord de Quiévy.

Aucune zone à vocation d'habitat des documents d'urbanisme ne sera concernée par une exposition plus prolongée.

#### **E.2.9.4.3 - Conclusion**

Le projet éolien ne créera pas de problèmes dus aux effets stroboscopiques. La projection d'ombres pourrait atteindre au maximum de 4 à 10 heures par an environ, aux points les plus impactés.

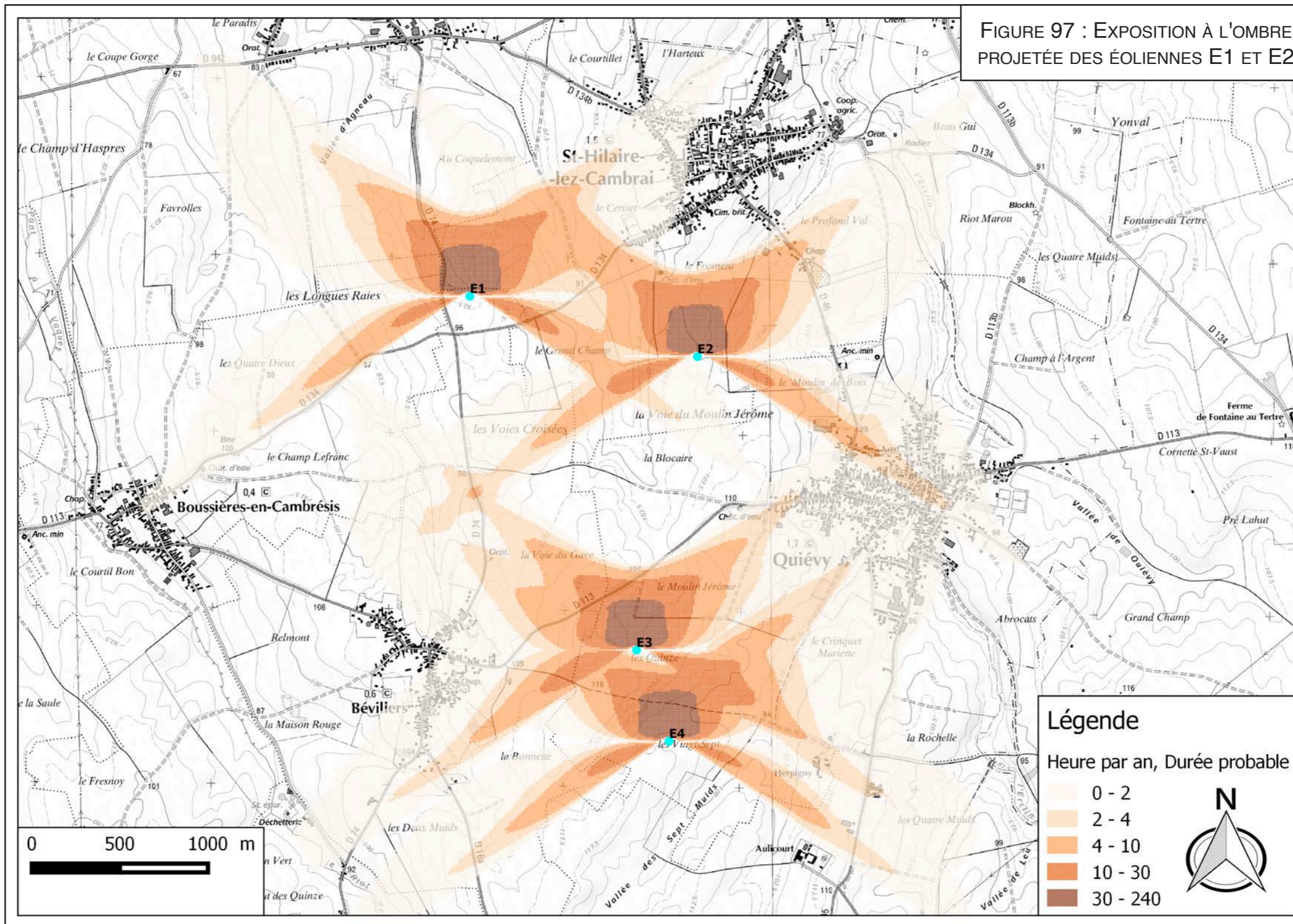
#### **E.2.9.5 - Balisage lumineux**

Le balisage lumineux obligatoire contribue à la sécurité du projet.

L'allumage non permanent peut néanmoins, dans certains cas, constituer une gêne paysagère pour certains riverains, en particulier la nuit car ils sont moins perceptibles le jour.

Ces clignotements du balisage lumineux sont toutefois simultanés et coordonnés entre les éoliennes du parc afin d'éviter un effet de foisonnement. De plus, le balisage nocturne rouge est moins impactant que s'il était blanc, comme le balisage diurne. Enfin, le secteur ne présente pas de sensibilité particulière, et nous avons vu que les éoliennes seront éloignées des zones habitées ( $\geq 650$  m).

FIGURE 97 : EXPOSITION À L'OMBRE  
PROJETÉE DES ÉOLIENNES E1 ET E2





### E.2.9.6 - Effets bénéfiques

L'intérêt environnemental de l'éolien a été présenté. Il permet la production d'énergie électrique ne générant :

- pas de pollution de l'air (hors phase chantier) : absence d'émission de gaz à effet de serre, de poussières, de fumées, d'odeurs, de gaz favorisant les pluies acides,
- pas de pollution des eaux (absence de rejet dans le milieu aquatique),
- pas de pollution des sols (absence de production de suies, de cendres, de déchets),
- que peu d'effets indirects (absence par exemple de risques d'accidents ou de pollutions liés à l'approvisionnement des combustibles).

Ces effets positifs sont plus facilement quantifiables à l'échelle nationale qu'à l'échelle locale.

#### • Exemple du gaz carbonique

La température de notre planète résulte de l'équilibre entre le flux de rayonnement lui parvenant du soleil et le flux de rayonnement infrarouge renvoyé vers l'espace. La vapeur d'eau, le gaz carbonique, et d'autres gaz de l'atmosphère absorbent ce rayonnement infrarouge, empêchant la terre de se refroidir. Sans ces gaz à effet de serre, la température moyenne de la terre serait de - 18 °C.

Mais l'activité humaine augmente la concentration de ces gaz dans l'atmosphère. La concentration en CO<sub>2</sub> a ainsi augmenté de 30 % depuis l'ère préindustrielle et celle de CH<sub>4</sub> de 150 %. Il en résulte un réchauffement de notre planète : de 0,3 à 0,6 °C en un siècle, avec pour corollaire une montée du niveau des océans (10 à 25 cm). Si rien n'est fait, le prochain siècle devrait voir un réchauffement de 1 à 3,5 °C et une montée des océans de 15 à 95 cm.

L'étude des climats du passé, ou "paléoclimatologie" montre qu'une variation de quelques degrés seulement de la température moyenne de notre planète transforme profondément sa physionomie. Ainsi, cette hausse des températures devrait provoquer des cycles de l'eau plus vigoureux, c'est-à-dire des sécheresses et des inondations plus sévères.

L'objectif des programmes de lutte contre l'effet de serre est de limiter les émissions concernées, notamment celles de principaux gaz à effet de serre retenus dans le protocole de Kyoto :

- le gaz carbonique ou dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>,
- le méthane CH<sub>4</sub>,
- le protoxyde d'azote N<sub>2</sub>O,
- les gaz fluorés, substitués des CFC : HFC, PFC, SF<sub>6</sub>.

En prenant l'exemple du gaz carbonique, le tableau ci-dessous indique les ratios d'émissions de gaz produits par les différentes sources d'énergie, en phase d'exploitation, par rapport au kWh produit (source : Mission Interministérielle de l'Effet de Serre).

*Ratios d'émissions de gaz carbonique et autres gaz toxiques (en g CO<sub>2</sub>/kWh)*

Centrale à charbon	950 g
Centrale à fioul	800 g
Centrale à gaz	470 g
Centrale nucléaire	0 g
Centrale hydraulique	0 g
Parc éolien	0 g

Grâce à l'interconnexion des réseaux électriques au niveau européen, les parcs éoliens viennent aujourd'hui principalement en substitution de centrales à combustibles fossiles. Le gaz carbonique évité est ainsi d'environ 300 g<sup>1</sup> de CO<sub>2</sub>/kWh en hiver comme en été.

Le parc éolien, considérant l'équivalent de la pleine puissance pendant plus d'un quart de l'année (2300 h/an), produira en fonction du gisement éolien de l'ordre de 28 GWh par an. Ce sont donc ici près de 8400 tonnes de CO<sub>2</sub> par an qui seront évitées pour le parc, soit 168 000 tonnes sur une durée d'exploitation de 20 ans.

Par le jeu des multiples interactions environnement / santé, cet intérêt environnemental se traduit indéniablement par un bénéfice pour la santé humaine.

### E.2.9.7 - Conclusion des impacts sur la santé

Le projet n'induit pas de risque pour la santé ; il contribue au contraire globalement à l'amélioration de la qualité de l'air.

1 : Source : SER : D'après le Syndicat des Énergies Renouvelables (www.ser-fra.com)  
"De manière générale, la production d'électricité à partir d'une source d'énergie renouvelable vient se substituer à un moyen de semi-base ou de pointe, typiquement une turbine à gaz, qui produit environ 400 g de CO<sub>2</sub> par kWh. Par prudence, cette valeur est ramenée à 292 g de CO<sub>2</sub> par kWh d'électricité "verte" produite, valeur utilisée dans le Plan national de lutte contre le changement climatique."

## E.2.10 - DÉCHETS PRODUITS

En fonctionnement normal, les éoliennes ne génèrent aucun déchet. Seules les opérations de maintenance sont susceptibles de produire quelques déchets, dont les principaux types sont décrits dans le tableau ci-dessous. Les quantités produites sont données à titre d'exemple pour une éolienne Vestas (données calculées à partir du reporting Vestas de l'année 2011).

Sur la base d'un remplacement tous les 4 ans, la quantité annuelle d'huiles usagées générée est de l'ordre de 12 litres par éolienne, soit 48 litres pour l'ensemble du projet. Celles-ci sont valorisées comme combustibles (R1) ou par régénération (R9).

Les constructeurs obligent leurs techniciens de maintenance à repartir avec tous les déchets après intervention. Aucun stockage de déchets n'est réalisé sur le site.

Catégorie	Nature	Code CED	Descriptif	Niveau de traitement des déchets Code D/R	Déchets produits par an (kg)	
					par éolienne	par le parc
DID	Batteries	16 06 04	Piles et accumulateurs visés aux rubriques 16 06 01, 16 06 02 ou 16 06 03 et piles et accumulateurs non triés contenant ces piles	R4 - Recyclage métallique	2,2	11
DID	Néons	16 02 13	Tubes fluorescents et autres déchets contenant du mercure	R5 - Recyclage inorganique	< 1	< 5
DID	Aérosol	16 05 04	Gaz en récipients à pression (y compris les halons) contenant des substances dangereuses	R1 - Utilisé comme combustible	< 1	< 5
DID	Emballages et matériels souillés	15 02 02	Absorbants, matériaux filtrants (y compris les filtres à huile non spécifiés ailleurs), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des substances dangereuses	R1 - Utilisé comme combustible	39,6	198
DID	Déchets d'équipements électriques et électroniques	16 02 14	Déchets provenant d'équipements électriques ou électroniques	R5 - Recyclage inorganique	3	15
DID	Huile usagée	13 01 13	Autres huiles hydrauliques	R1 - Utilisé comme combustible R9 - Régénération des huiles	-	-
DIND	Déchets non dangereux en mélange	20 01 99	Autres fractions non spécifiées ailleurs (exemple : emballages, bois, câbles, métaux...)	R1 - Utilisé comme combustible R3 - Recyclage organique R4 - Recyclage métallique	108	540

DID : Déchet Industriel Dangereux - DIND : Déchet Industriel Non Dangereux - CED : Catalogue Européen des Déchets - Code D/R : D (élimination) et R (réutilisation)

## E.2.11 - BILAN D'ÉNERGIE ET BILAN CARBONE

Les éoliennes produisent de l'énergie lors de leur phase de fonctionnement. La dépense d'énergie nécessaire pour assurer certaines fonctions - comme par exemple l'orientation du rotor - est insignifiante par rapport à la quantité d'énergie produite.

Pour l'estimation de la consommation d'énergie, Enercon a recours à l'Analyse du Cycle de Vie<sup>1</sup> (ACV), qui tient compte des différents stades du projet (fabrication des éoliennes, transport, raccordement et aménagements routiers liés au transport, montage...).

### • Répartition de la consommation énergétique

La figure suivante indique la répartition des consommations énergétiques par stade du projet, selon Enercon.

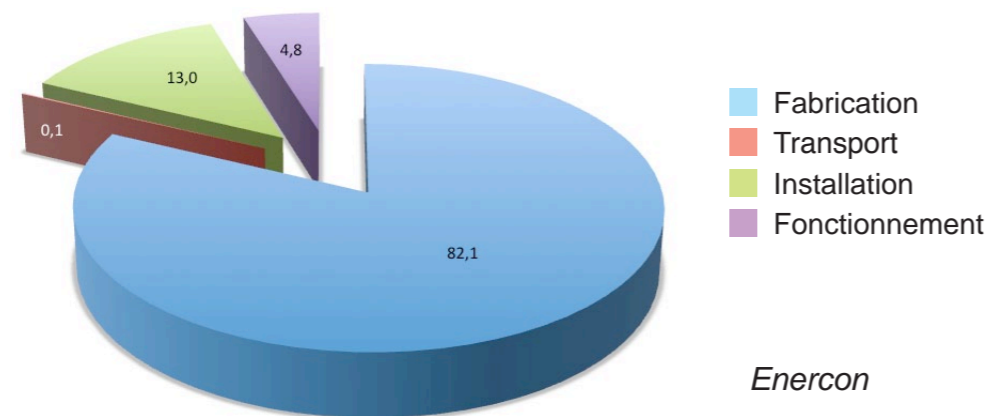


Figure 98 : Répartition de la consommation d'énergie entre les différents stades du projet

Les principales consommations d'énergie ont lieu lors des phases de fabrication et dans une moindre mesure de montage. La tour représente la part la plus importante de la fabrication.

Des écarts parfois importants peuvent s'observer au niveau de l'installation, car celle-ci dépend du contexte propre à chaque projet (distance du site, aménagements routiers nécessaires...). La part du transport fluctue également pour ces mêmes raisons.

1 : L'analyse du cycle de vie d'un produit est une méthode standardisée répondant au besoin d'estimer les impacts environnementaux d'un produit sur l'environnement.

### • Bilan

Le tableau suivant indique les consommations unitaires évaluées par le constructeur Enercon<sup>2</sup> ainsi que la consommation générée par le parc du Moulin de Jérôme.

Constructeur	Demande en énergie cumulée unitaire (MWh)	Tonnes équivalent CO <sub>2</sub> unitaires	Tonnes équivalent CO <sub>2</sub> projet
ENERCON	2685	1 235	4 940

Enfin, la mise en parallèle de la production d'énergie et de la demande en énergie cumulée est sans équivoque. En effet, on constate, à travers l'exemple Enercon suivant, qu'une éolienne produit près de 40 fois plus d'énergie qu'elle n'en consomme.

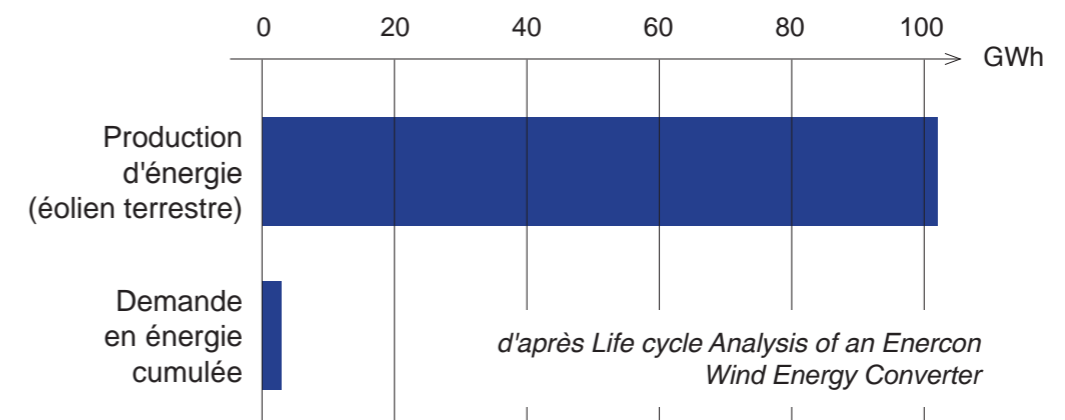


Figure 99 : Comparaison entre la consommation et la production totale d'énergie d'une éolienne terrestre

D'après tous les constructeurs, le bilan énergétique d'une éolienne est positif à l'issue de la première année d'exploitation. Pour certains modèles, le bilan est déjà positif dès 6 mois de fonctionnement.

On estime que, par un effet d'économie d'échelle, les éoliennes de ce projet auront un retour positif encore plus rapide, peu de consommation de matériaux supplémentaires pour une quantité d'énergie beaucoup plus importante.

2 : Estimation basée principalement sur les données des années 2009 et 2010 qui ont été collectées sur les sites de production pour la fabrication des éoliennes

# F - EFFETS CUMULÉS

L'analyse des effets cumulés du projet avec les autres projets répond à l'article R.122-5 (II.5.e) du Code de l'Environnement :

*"Une description des incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement résultant, entre autres [...] du cumul des incidences avec d'autres projets existants ou approuvés, en tenant compte le cas échéant des problèmes environnementaux relatifs à l'utilisation des ressources naturelles et des zones revêtant une importance particulière pour l'environnement susceptibles d'être touchées. Ces projets sont ceux qui, lors du dépôt de l'étude d'impact :*

- *ont fait l'objet d'un document d'incidences au titre de l'article R. 214-6 et d'une enquête publique ;*
- *ont fait l'objet d'une évaluation environnementale au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public.*

*Sont exclus les projets ayant fait l'objet d'un arrêté au titre des articles R. 214-6 à R. 214-31 mentionnant un délai et devenu caduc, ceux dont la décision d'autorisation est devenue caduque, dont l'enquête publique n'est plus valable ainsi que ceux qui ont été officiellement abandonnés par le maître d'ouvrage".*

Afin de répondre à cette exigence, nous avons étudié :

- les dossiers d'autorisation au titre de la loi sur l'eau, ayant fait l'objet d'une enquête publique<sup>1</sup>,
- les dossiers de demande d'autorisation d'exploiter ayant fait l'objet d'un avis de l'autorité environnementale<sup>2</sup>,
- les études d'impact ayant fait l'objet d'un avis de l'autorité environnementale

Dans ce cadre, nous avons recherché (voir "K.3 - Difficultés rencontrées", page 383) :

- tous les projets localisés dans l'aire d'étude rapprochée (2 km), car l'essentiel des risques d'impact d'un projet éolien est circonscrit à ses abords, les effets cumulés ne peuvent donc être effectifs que dans cette zone rapprochée,
- les projets éoliens présents dans l'aire d'étude éloignée, car pour ces installations particulières, les aspects pouvant se cumuler concernent la faune volante (oiseaux et chiroptères) et le paysage, potentiellement sensibles sur une grande distance.

## F.1 - EFFETS CUMULÉS AVEC LES PROJETS HORS ÉOLIEN

Aucun projet dont l'importance des impacts ou la proximité nécessiterait d'être étudiée dans les effets cumulés ne se situe à proximité de la zone d'implantation, hors projets éoliens.

## F.2 - EFFETS CUMULÉS AVEC LES PROJETS ÉOLIENS

Nous nous intéressons ici aux effets cumulés liés aux parcs éoliens non encore acceptés mais ayant fait l'objet d'un avis de l'autorité environnementale.

Les parcs existants ou acceptés (donc prochainement existants) ne sont plus des projets et ne sont donc pas considérés dans l'analyse des effets cumulés. Ils sont considérés dans l'état initial du territoire. En revanche, ces parcs existants ou acceptés sont pris en compte dans l'analyse des effets dans la mesure où l'on analyse l'impact complémentaire du projet par rapport à l'état initial (effet complémentaire).

Dans le périmètre d'étude éloigné, 8 projets sont concernés, pour un total de 43 éoliennes (voir chapitre "D.12.1.5 - Évolution et mutation du paysage", page 118). Les projets en cours d'instruction les plus proches sont ceux de Carnières et de Beau Gui (Saint-Vaast), distants chacun de près de 3,3 km.

Parmi ces projets, nous incluons celui d'Enertrag, venant en extension au Nord du projet de Beau Gui. Il n'a pas encore fait l'objet d'un avis de l'autorité environnementale, mais a déjà été déposé.

### F.2.1 - IMPACTS ACOUSTIQUES CUMULÉS

Les parcs en instruction étant éloignés de plus de 3,3 km, l'impact acoustique cumulé avec le présent projet sera nul.

1 : source : site internet de la Préfecture du Nord

2 : source : site internet de la DREAL du Nord - Pas-de-Calais, incluant depuis 2016 les avis rendus pour la Picardie

## F.2.2 - EFFETS CUMULÉS SUR L'AVIFAUNE ET LES CHIROPTÈRES

Étudier les effets cumulés de la zone d'implantation potentielle et des projets éoliens voisins est particulièrement justifié lorsque plusieurs éoliennes en instruction se situent dans un même secteur géographique.

On peut étudier cette problématique sous deux angles différents :

- concernant les espèces sédentaires qui fréquentent la zone d'implantation potentielle régulièrement. Pour cet aspect, on s'intéresse aux parcs dans un périmètre de l'ordre de 10 km car cette distance correspond au rayon maximum de déplacement de l'avifaune locale.
- concernant les espèces migratrices dont le déplacement peut être gêné ou plus ou moins entravé lors de la traversée de parcs éoliens, dans notre cas cet aspect ne sera pas considéré car le parc ne se situe pas dans un axe de migration.

Cinq projets sont en cours d'instruction à moins de 10 km autour du site (Figure 100) :

Saint-Vaast-en-Cambrésis.....	6 machines .....	3,3 km au Nord-Est
Carnières .....	7 machines .....	3,3 km à l'Ouest
Enertrag <sup>1</sup> .....	5 machines .....	4,1 km au Nord-Est
Solesmes.....	8 machines .....	7,2 km à l'Est
Troisvilles et Reumont .....	9 machines .....	7,6 km au Sud-Est

### F.2.2.1 - Effets cumulés sur les oiseaux

#### • Espèces sédentaires qui fréquentent le site

Les espèces sédentaires répertoriées sur les différents sites (perdrix grise par exemple) ont généralement un rayon d'action restreint (quelques kilomètres carrés). Une exception : le rayon d'action du Busard Saint-Martin peut atteindre 5 km, distance concernée par 3 projets en instruction. On peut donc penser que ces deux autres parcs augmenteront dans une certaine mesure le risque de collision.

De manière plus générale, toute nouvelle implantation de parc conduit à réduire les zones potentielles de nidification de l'avifaune et plus particulièrement des busards mais également de l'hivernage pour les autres espèces et en particulier le Vanneau huppé et le Pluvier doré.

#### • Espèces migratrices qui fréquentent le site

Il n'existe aucun axe migratoire majeur interférant avec les différents sites. Toutefois, des mouvements de déplacement diffus Nord-Est / Sud-Ouest ont été mis en évidence sur le site du projet.

Les nouvelles implantations de parcs conduisent à réduire les zones de halte migratoire pour l'avifaune et en particulier les Busards, le Pipit farlouse et le Pluvier doré, espèces patrimoniales identifiées en migration au droit du site.

### F.2.2.2 - Effets cumulés sur les chiroptères

#### • Espèces sédentaires qui fréquentent la zone d'implantation potentielle

Au vu de la distance entre les différents projets et de la nature des milieux impactés, qui sont des openfields qui présentent globalement peu d'intérêt pour les chiroptères, peu d'impacts cumulés sont à prévoir.

#### • Espèces migratrices qui fréquentent la zone d'implantation potentielle

Aucun comportement migratoire n'a été observé sur le site chez les espèces inventoriées.

1 : Projet déposé récemment n'ayant pas encore fait l'objet d'un avis

### F.2.2.3 - Effets cumulés sur le paysage

Nous avons détaillé l'étude des intervisibilités du projet avec les parcs existants et / ou acceptés dans la partie consacrée aux impacts du projet sur le paysage.

L'intervisibilité avec les parcs éoliens en instruction concerne les 35 éoliennes des 6 parcs mentionnés précédemment, inclus dans le périmètre d'étude éloigné.

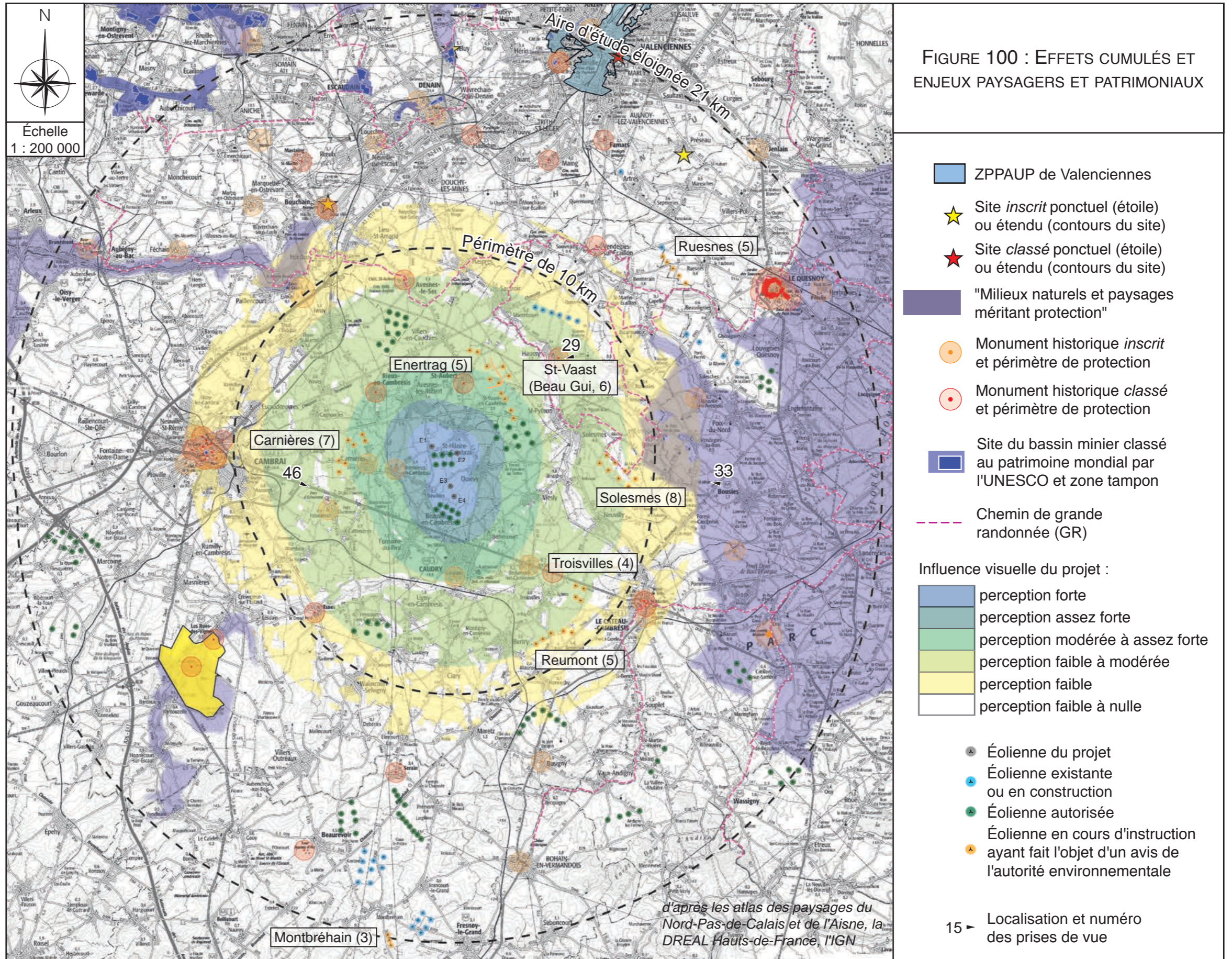
Nous avons retenu 3 des points de vue présentés au chapitre "E.2.8.3 - Impact du parc sur le paysage", page 164 pour évaluer les visibilités conjointes du projet et des autres parcs en projet. Ils considèrent principalement les 3 ensembles d'éoliennes en projet de :

- Enertrag et Beau-Gui (11 machines), au Nord-Est du projet,
- Solesmes (8 machines), à l'Est du projet,
- Carnières (7 machines), à l'Ouest du projet.

Le présent projet est proposé au coeur d'un pôle de densification, en extension d'un parc accordé de 14 éoliennes (Voie du Moulin Jérôme), proche d'un autre parc accordé de 9 éoliennes (Chemin de Grès).

Les projets en instruction viennent plutôt dans des plaines encore peu investies par l'éolien.

On constate sur les vues proposées en pages suivantes que les 4 éoliennes du projet auront une influence peu marquante sur les paysages résultant du cumul de ces parcs.

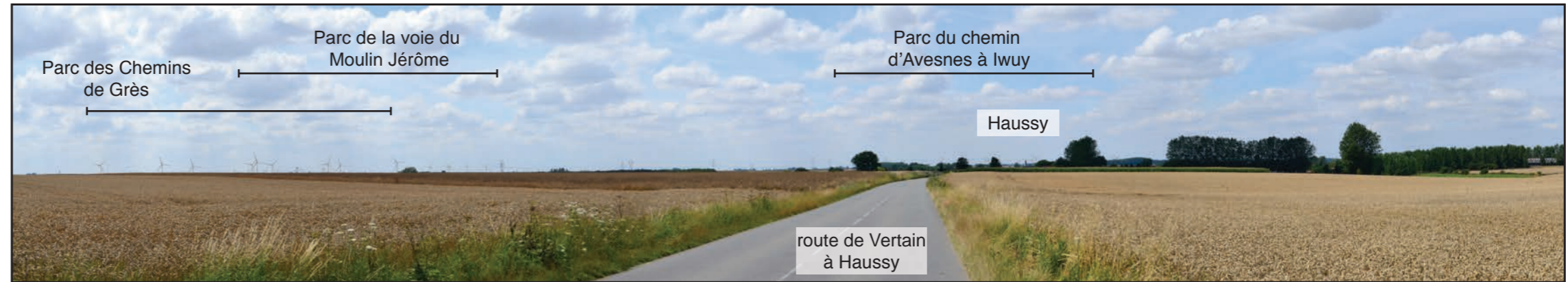


• Photosimulation n°29 : Depuis l'Est en direction d'Haussy (Projet à 7 600 m)

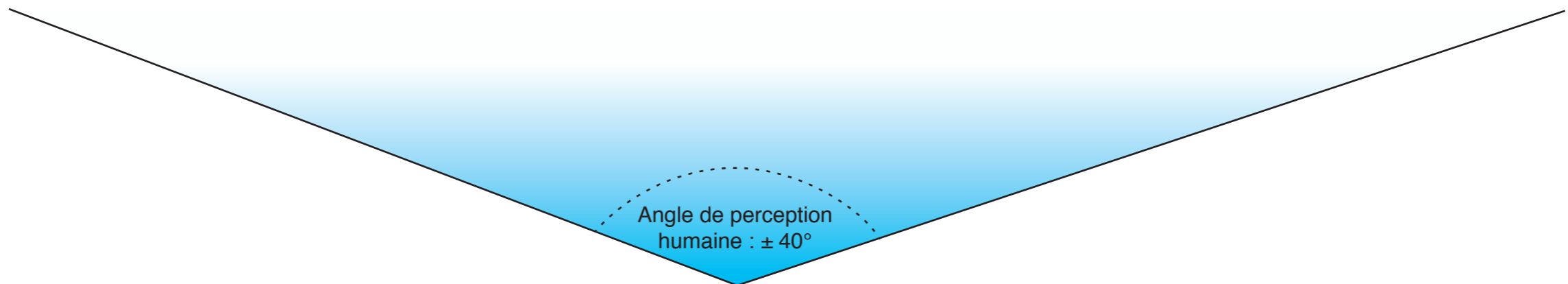
En arrivant vers Haussy depuis l'Est, les projets en cours d'instruction les plus proches sont ceux d'Enertrag et de Beau Gui. Leurs éoliennes viendront à gauche et dans l'axe de la route, en premier-plan des éoliennes accordées des parcs des chemins de Grès et de la Voie du Moulin Jérôme.

L'incidence des éoliennes du présent projet avec cet ensemble éolien formé du cumul des parcs acceptés ou en projet est peu perceptible.

État initial - Vue panoramique



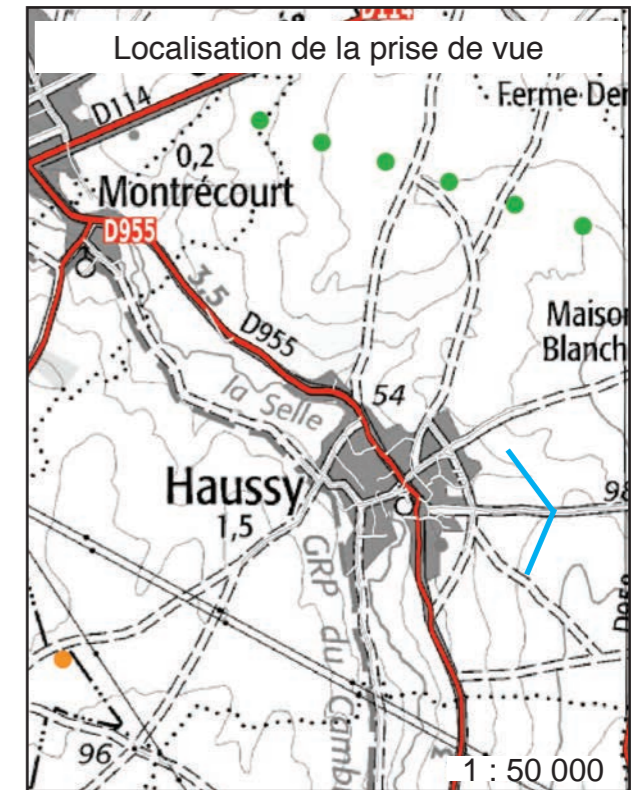
Simulation avec le projet : vue large, en perception réelle (à regarder avec une distance de 40 cm entre l'oeil et la photo)



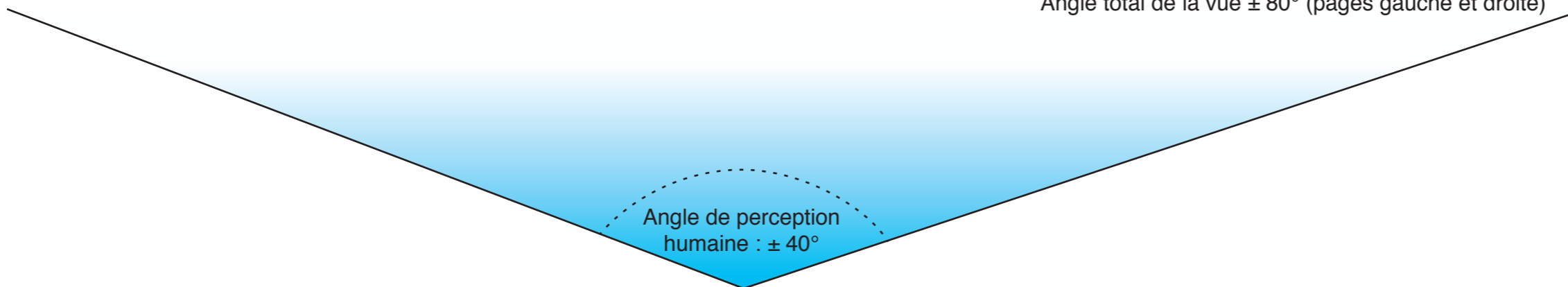
Simulation avec le projet - Vue panoramique



Angle total de la vue  $\pm 80^\circ$  (pages gauche et droite)



- Éolienne du projet
- Éolienne acceptée
- Éolienne en instruction



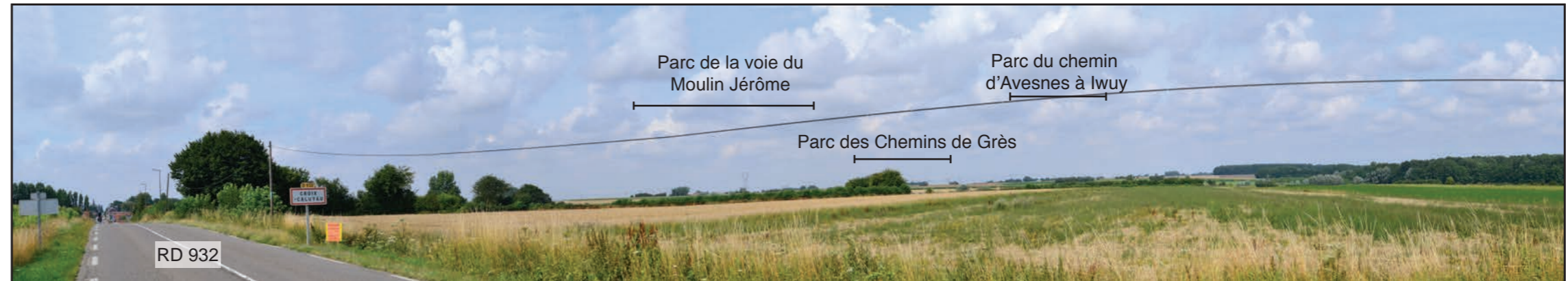


- Photosimulation n°33 : Depuis RD 932 en direction de Forest-en-Cambrésis (Projet à 13 300 m)

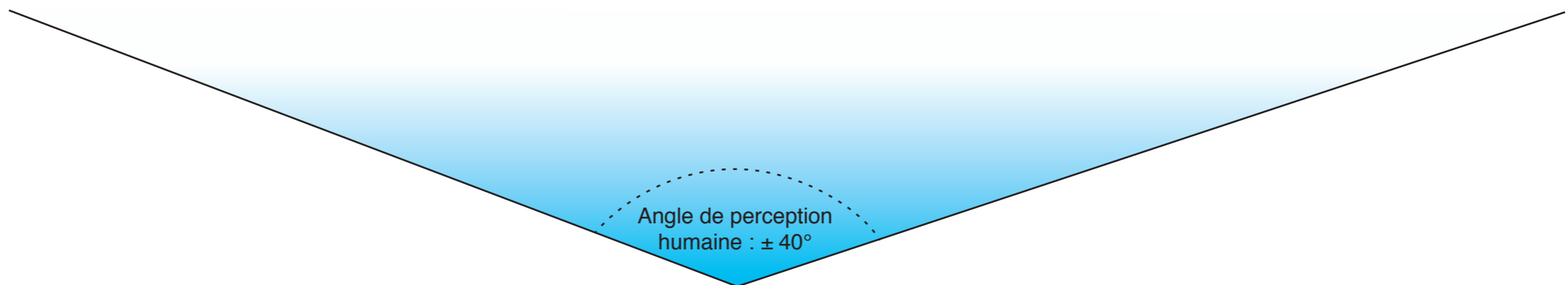
Depuis l'Est sur la RD 932, le projet de parc éolien de Solesmes vient en premier plan des parcs acceptés proches du projet et du projet lui-même.

Le cumul des effets se concentre donc dans un angle de vue limité. Dans cet angle de vue, l'apparition du projet est marginale.

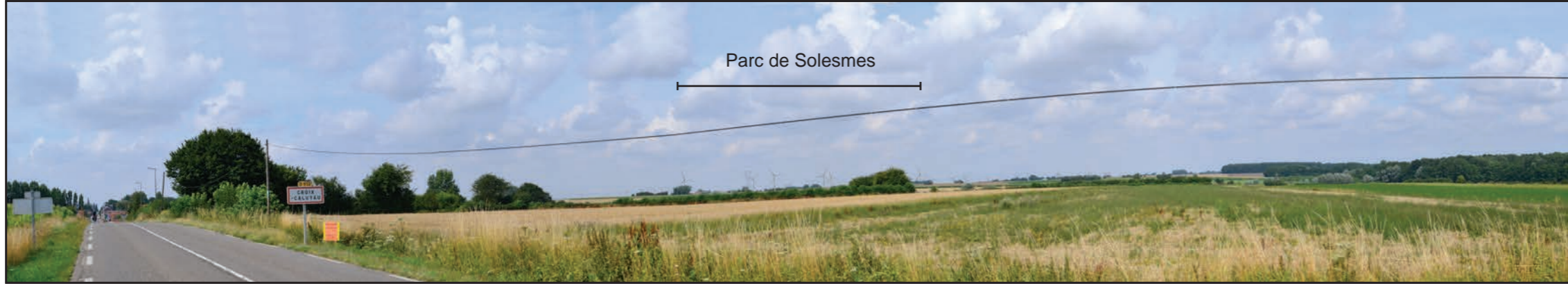
État initial - Vue panoramique



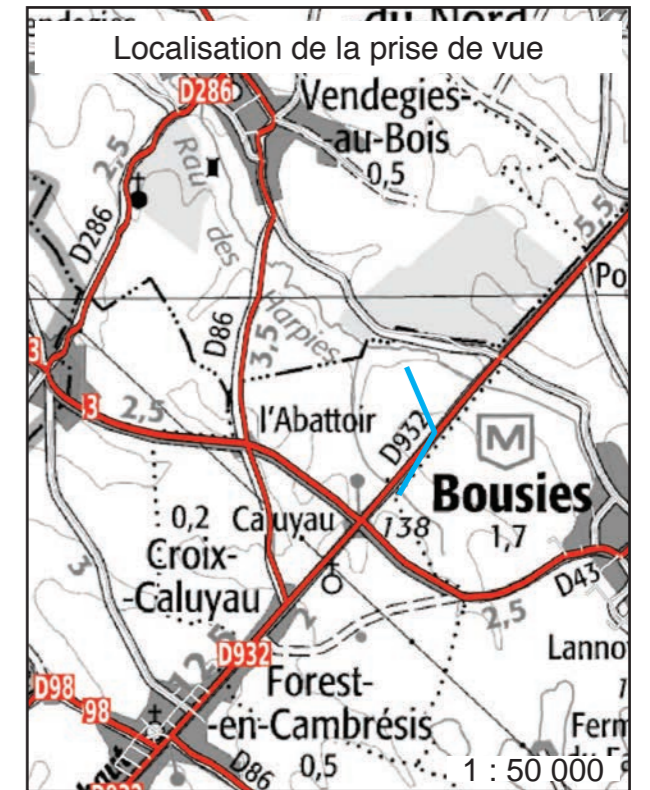
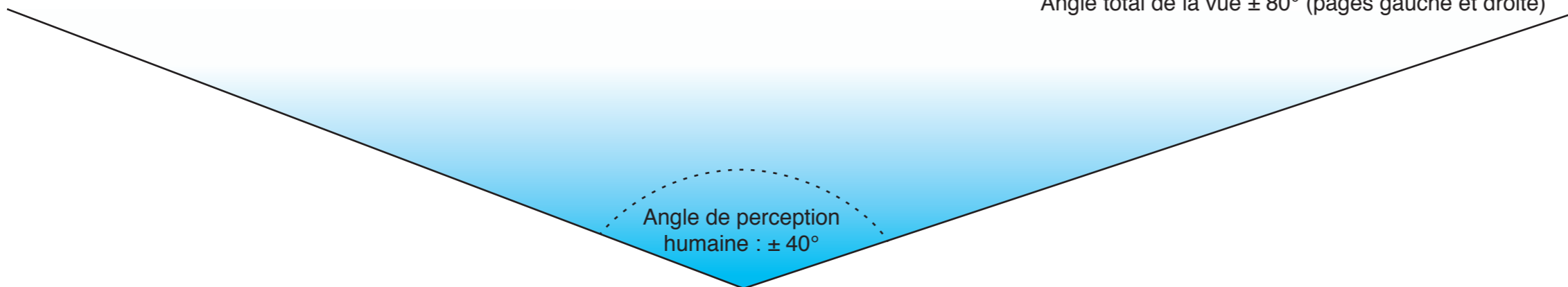
Simulation avec le projet : vue large, en perception réelle (à regarder avec une distance de 40 cm entre l'oeil et la photo)



Simulation avec le projet - Vue panoramique



Angle total de la vue  $\pm 80^\circ$  (pages gauche et droite)



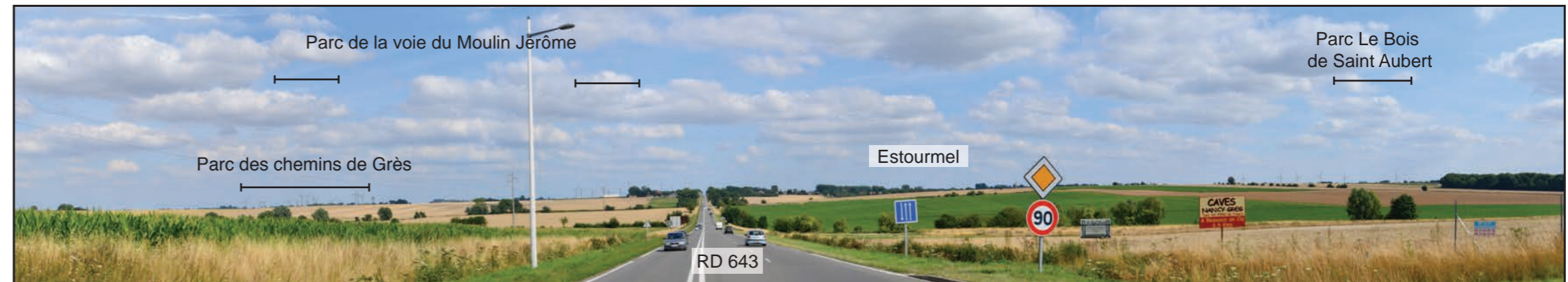
- Éolienne du projet
- Éolienne acceptée

• Photosimulation n°46 : Depuis la RD 643 à l'Est de Cambrai (Projet à 6 850 m)

De la sortie Est du contournement Sud de Cambrai, les projets en instruction s'étendent à gauche l'angle de vue occupé par les projets acceptés proches de la zone d'étude rapprochée.

Les éoliennes du projet apparaissent comme une densification de l'ensemble formé par ces parcs, sans s'en démarquer particulièrement.

État initial - Vue panoramique



Simulation avec le projet : vue large, en perception réelle (à regarder avec une distance de 40 cm entre l'oeil et la photo)

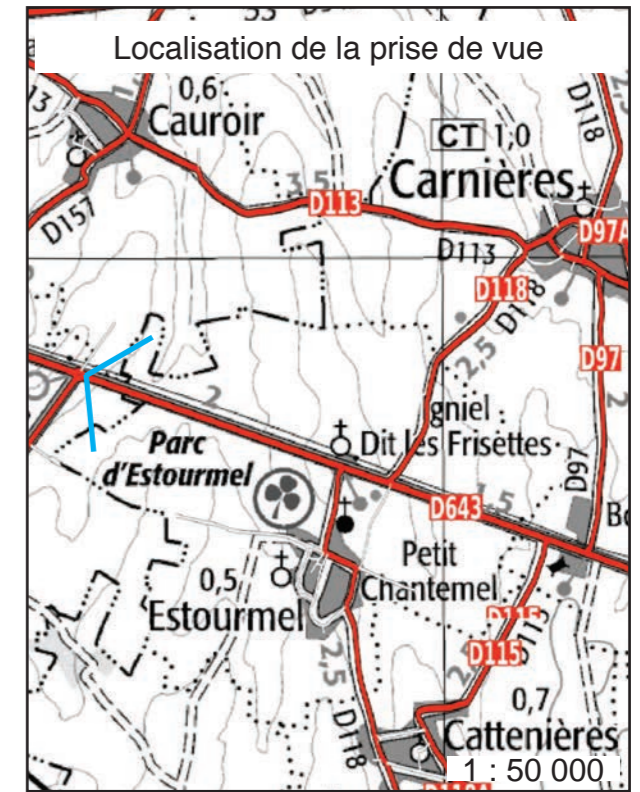


Angle de perception humaine :  $\pm 40^\circ$

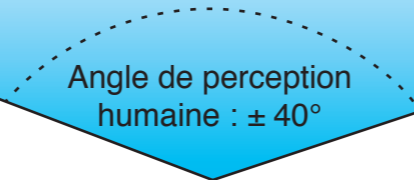
Simulation avec le projet - Vue panoramique



Angle total de la vue  $\pm 80^\circ$  (pages gauche et droite)



- Éolienne du projet
- Éolienne acceptée





# G - SOLUTIONS EXAMINÉES ET CHOIX DU PROJET

Cette partie concerne "une esquisse des principales solutions de substitution examinées par le pétitionnaire ou le maître d'ouvrage et les raisons pour lesquelles, eu égard aux effets sur l'environnement ou la santé humaine, le projet a été retenu".

## G.1 - CHOIX DU SITE

Le site du projet a été retenu par Energieteam en 2011, suite tout d'abord à un recoupement des différents documents de planification éolien existants.

Dans le Schéma Régional Éolien (SRE) du SRCAE<sup>1</sup>, le site retenu s'inscrit en "zone éligible", au coeur d'un pôle de densification (voir le chapitre D.12.1.5.1, page 120).

Le Schéma Territorial Éolien (STE) du SCoT du Cambrésis a lui-aussi identifié ce site comme favorable à l'éolien.

Les études de faisabilité effectuées suite à ce pré-inventaire ont ensuite confirmé l'intérêt du site du point de vue de l'exploitation de l'énergie mécanique du vent. Par ailleurs, les études environnementales spécifiques réalisées pour le projet ont confirmé le caractère propice de la zone d'implantation et ont montré qu'aucune contrainte environnementale majeure ne s'opposait au projet (Figure 101).

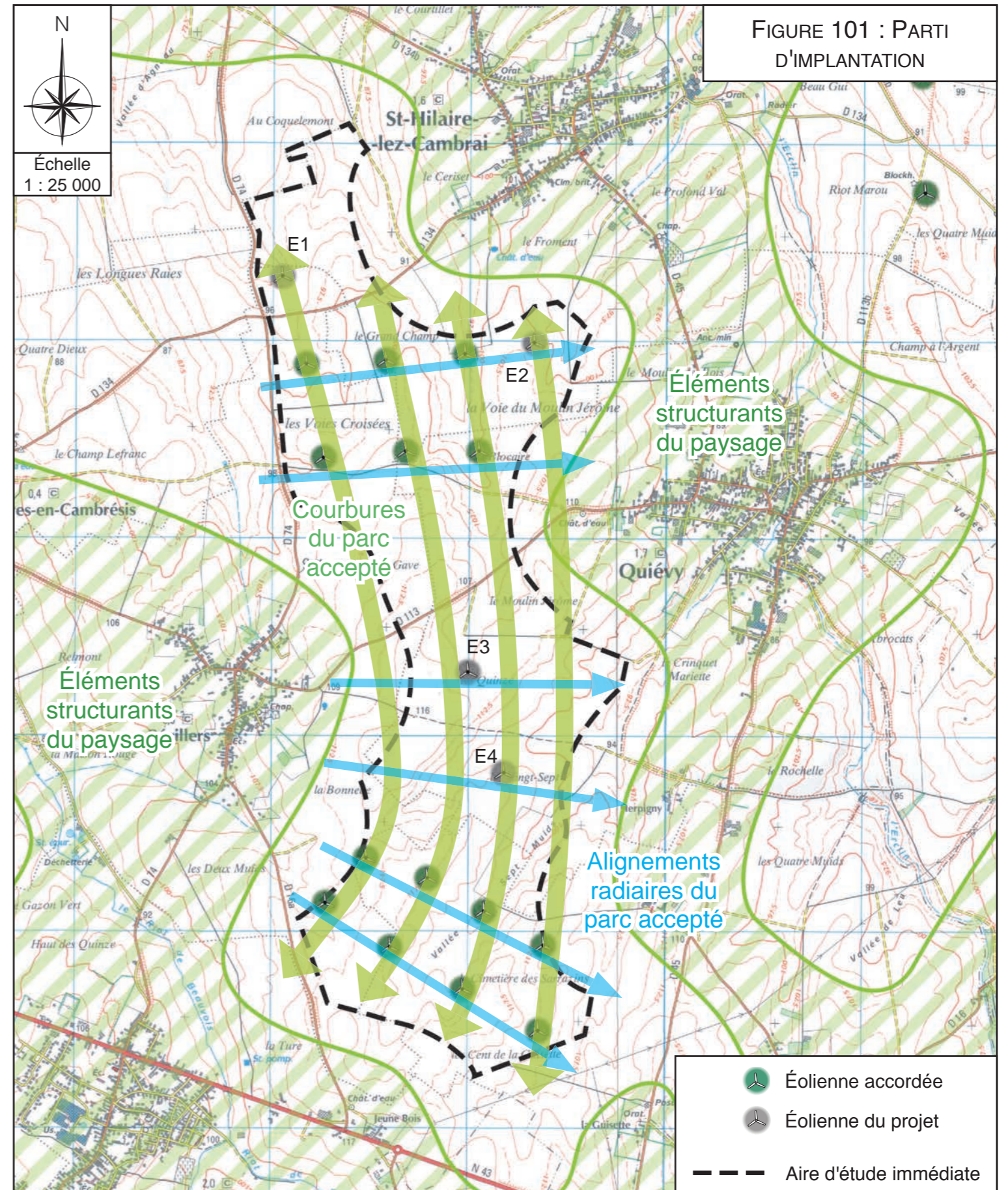
## G.2 - PARTI D'IMPLANTATION

EnergieTeam a choisi de développer son projet en cohérence avec les alignements retenus pour le parc accepté, dans la limite des contraintes foncières et environnementales, en particulier liées à l'éloignement aux habitations.

L'ajustement final des éoliennes a ensuite été réalisé afin d'optimiser la production d'énergie (diamètre et espacement entre les machines) et de minimiser l'emprise au sol.

Notons que le projet a fait l'objet de longs échanges avec les élus pour établir un projet concerté et cohérent.

<sup>1</sup> : Le SRE du Nord-Pas-de-Calais a été annulé par décision du Tribunal administratif de Lille le 19 avril 2016, pour défaut d'évaluation environnementale. Cela ne remet toutefois pas en cause son contenu, qui toutefois n'est plus opposable.





# H - MESURES RÉDUCTRICES, COMPENSATOIRES ET D'ACCOMPAGNEMENT DES IMPACTS, ET SUIVI DES MESURES

Cette partie vise à détailler les différentes mesures mises en place dans le cadre de ce projet, de faire l'analyse des éventuels impacts résiduels après ces mesures, et de définir les conditions de suivi.

La mise en place de mesures concerne les problématiques pour lesquelles tout risque d'impact n'a pas été écarté dans le chapitre E.

En règle générale, les aspects pouvant nécessiter des mesures complémentaires, dans le cas d'un parc éolien, sont les chiroptères, l'avifaune et le paysage.

Dans la suite de ce chapitre, nous ne traiterons que des aspects nécessitant des mesures, ou pour lesquels il est nécessaire d'apporter des précisions sur les précautions prises au préalable.

## H.1 - DÉFINITIONS

Les mesures d'évitement permettent d'éviter l'impact dès la conception du projet. Elles reflètent les choix du maître d'ouvrage dans la conception d'un projet de moindre impact.

Les mesures réductrices visent à atténuer l'impact du projet. Elles sont prises durant la phase de conception puis sont mises en œuvre : dans la phase de réalisation temporaire : le chantier, puis en permanence : le parc éolien.

Les mesures compensatoires apportent une contrepartie aux conséquences dommageables du projet, qui n'ont pas pu être réduites suffisamment par les mesures réductrices.

Ces mesures pourront être complétées par des mesures d'accompagnement.

## H.2 - MESURES D'ÉVITEMENT

Les mesures d'évitement consistent essentiellement, pour un parc éolien, à ne pas implanter d'éoliennes dans des secteurs vulnérables (voir aussi "G - Solutions examinées et choix du projet", page 283). Le coût de ces mesures est difficilement chiffrable.

Certaines de ces mesures sont prises avant même la définition du projet, sur la base de l'analyse de l'état initial. Les secteurs évités sont en particulier, dans notre cas :

- les espaces bâtis,
- la proximité des cours d'eau,
- les axes de ruissellement, les zones d'érosion, les zones humides, la proximité des captages d'alimentation en eau potable,
- les massifs boisés,
- les éléments du patrimoine...

L'éloignement des machines vis-à-vis des réseaux constitue aussi un évitement : faisceau hertzien, canalisation de transport de gaz, et routes départementales.

Outre l'évitement de secteurs particuliers, le nombre limité permis par le choix de machines performantes et l'espacement suffisant entre éoliennes constituent aussi des mesures d'évitement, facilitant le transit éventuel de la faune au sein du parc.

Les autres mesures, que nous déclinons maintenant par thème, concernent des mesures réductrices, compensatoires, d'accompagnement et de vérification.



## H.3 - MESURES EN FAVEUR DE LA FAUNE

### H.3.1 - PRÉSENTATION DES MESURES

#### H.3.1.1 - Mesures d'évitement

Les mesures d'évitement sont des mesures qui ont été mises en oeuvre lors de l'élaboration du projet, afin de limiter au maximum les risques de collisions avec les oiseaux et les chauves-souris. Cela passe notamment par le choix du site d'implantation.

Ces mesures ont été de plusieurs ordres :

- réaliser une étude préalable permettant de vérifier que le site ne se trouve pas sur un axe majeur de migration,
- limiter le nombre et espacer suffisamment les éoliennes de manière à permettre d'éventuels passages au sein du parc,
- éloigner au maximum les machines des haies.

#### H.3.1.2 - Mesures réductrices

##### H.3.1.2.1 - Mesures réductrices concernant la flore et les habitats

Du fait de l'absence d'enjeu, aucune mesure réductrice n'est envisagée. De même, aucune création d'habitat de substitution n'est à envisager puisqu'il n'y a pas de coupe ou de défrichement prévu, seuls les openfields et accotements de routes sont concernés par les aménagements proposés.

##### H.3.1.2.2 - Mesures réductrices concernant l'avifaune

Les principaux aspects à prendre en compte sont :

- L'utilisation de la zone d'implantation potentielle comme territoire de chasse par le Faucon pèlerin (risques de collision)
- La nidification probable du Busard Saint-Martin sur ou aux alentours du site (risques liés à la collision, à la perte d'habitat de nidification voir à l'abandon de couvée)
- La nidification de l'Alouette des champs (risque d'abandon de couvée)

NB : La présence du Pluvier doré paraît trop marginale pour que celle-ci fasse l'objet d'une attention particulière.

Les risques de collision, même faibles, sont difficilement évitables quand une espèce à fort rayon d'action (Faucon pèlerin, Busard Saint-Martin) exploite l'ensemble d'un secteur géographique incluant la zone d'implantation potentielle.

Afin d'éviter les risques d'abandon de couvées, le choix de la période de travaux doit être effectué en fonction du calendrier des espèces et notamment en dehors des périodes de nidification de ces oiseaux (cf. tableau ci-dessous).

Ainsi, les opérations qui présentent le plus d'impacts (terrassements, excavations...) ne doivent pas être planifiées pendant les mois compris entre avril et juillet.

Si cette mesure n'est pas réalisable, et que les travaux doivent être programmés en période de nidification, la société d'exploitation s'engage à vérifier en amont du chantier l'absence d'oiseaux nicheurs au niveau des emplacements des futures plates-formes d'éoliennes et de leurs abords. Cette mesure consistera en un passage (minimum) d'un naturaliste sur chacun des emplacements d'éoliennes. Dans le cas d'une nidification avérée les travaux seront décalés dans le temps ou dans l'espace (en évitant de travailler sur la zone où la nidification a été mise en évidence) afin de ne pas perturber le site de nidification.

Le promoteur veillera également à l'entretien des plates-formes pour éviter la prolifération de la végétation, qui attirerait les micro-mammifères et insectes qui eux mêmes attireraient les rapaces et les chiroptères.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Busard Saint-Martin												
Alouette des champs												

Période de chantier à éviter

### H.3.1.2.3 - Mesures réductrices concernant les chiroptères

Plusieurs mesures peuvent être indiquées afin de réduire l'impact (même faible) de l'implantation.

Il faut d'abord éviter l'intrusion de chiroptères à l'intérieur des éoliennes, grâce à la mise en place de grilles ou brosses au niveau des interstices des nacelles et des tours. Si un tel incident est constaté malgré la mise en place de dispositifs de protection, la société d'exploitation s'engage à les remplacer par des dispositifs plus adaptés.

Ensuite, un bridage des machines est possible, si ces dernières se situent au sein ou aux abords de zone à moyenne ou forte sensibilité chiroptérologique.

Le principe du bridage part du constat que les chiroptères ne volent pas en cas de fort vent, tandis que les éoliennes ont besoin de vent pour fonctionner. Ainsi il existe une petite plage de vitesse de vent pendant laquelle les chiroptères volent encore et qui permet à l'éolienne de tourner. Cette plage de vitesse de vent ne correspond pas à un fort potentiel de production électrique. La Figure 102 nous permet de voir que l'activité des chauves-souris se maintient à un haut niveau jusqu'à une vitesse de vent de 4 m/s, et que leur activité cesse quasi complètement à partir de 7,5 m/s. On constate également que l'éolienne ne démarre qu'à partir de 3 m/s et ne produit pleinement qu'à 12 m/s. La plage de vent à risque s'étend donc de 4 m/s à environ 7 m/s.

Conformément aux prescriptions de la DREAL, les paramètres de base suivants sont retenus pour l'éventuel bridage :

- période : entre mi-avril et fin octobre,
- horaire : entre 30 min avant l'heure du coucher du soleil et 30 min après l'heure du lever du soleil,
- conditions météorologiques :
  - température : 10°C,
  - vitesse de vent : inférieure à 6 mètres par seconde,
  - précipitations : nulles.

Nous justifions le choix de ces paramètres pour plusieurs raisons. En ce qui concerne la période, le mois de mars et le mois de novembre sont des mois où l'activité chiroptérologique est très marginale. Il se peut effectivement que quelques individus sortent chasser si les températures sont clémentes mais cela reste épisodique. De même, en ce qui concerne la plage horaire, comme le montre le tableau ci-dessous, la quasi totalité des espèces sortent après le coucher de soleil. Nous prévoyons tout de même une période de 30 min de battement.

Espèces	Heure d'envol ( d'après INPN)
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Quart d'heure qui suit le coucher du soleil
<i>Eptesicus serotinus</i>	Quinze minutes après le coucher de soleil

Notons que les paramètres du bridage pourront être affinés en fonction des résultats de suivi : période de mortalité élevée et conditions météorologiques, notamment vitesse du vent, lors de la période de mortalité élevée.

Nous allons proscrire la mise en place de lumières à détection de mouvement au pied des éoliennes. En effet, il a été prouvé sur certains parcs que cette source lumineuse est susceptible de modifier le comportement des chauves-souris, de les y attirer avec un risque d'ascension autour du mât pour poursuivre les insectes. Les éclairages intempestifs nocturnes seront donc prohibés.

Afin de vérifier si les éoliennes du parc n'engendrent pas de risques d'impacts pour les chiroptères, un suivi comportemental et mortalité sera mené sur l'ensemble des machines ("H.3.1.4.3 - Suivi des chiroptères", page 293).

L'éolienne E2 se situe dans une zone à sensibilité moyenne. Cette machine sera donc bridée. Le bridge n'est pas nécessaire sur les éoliennes E1, E3 et E4 où le risque d'impact est jugé faible.

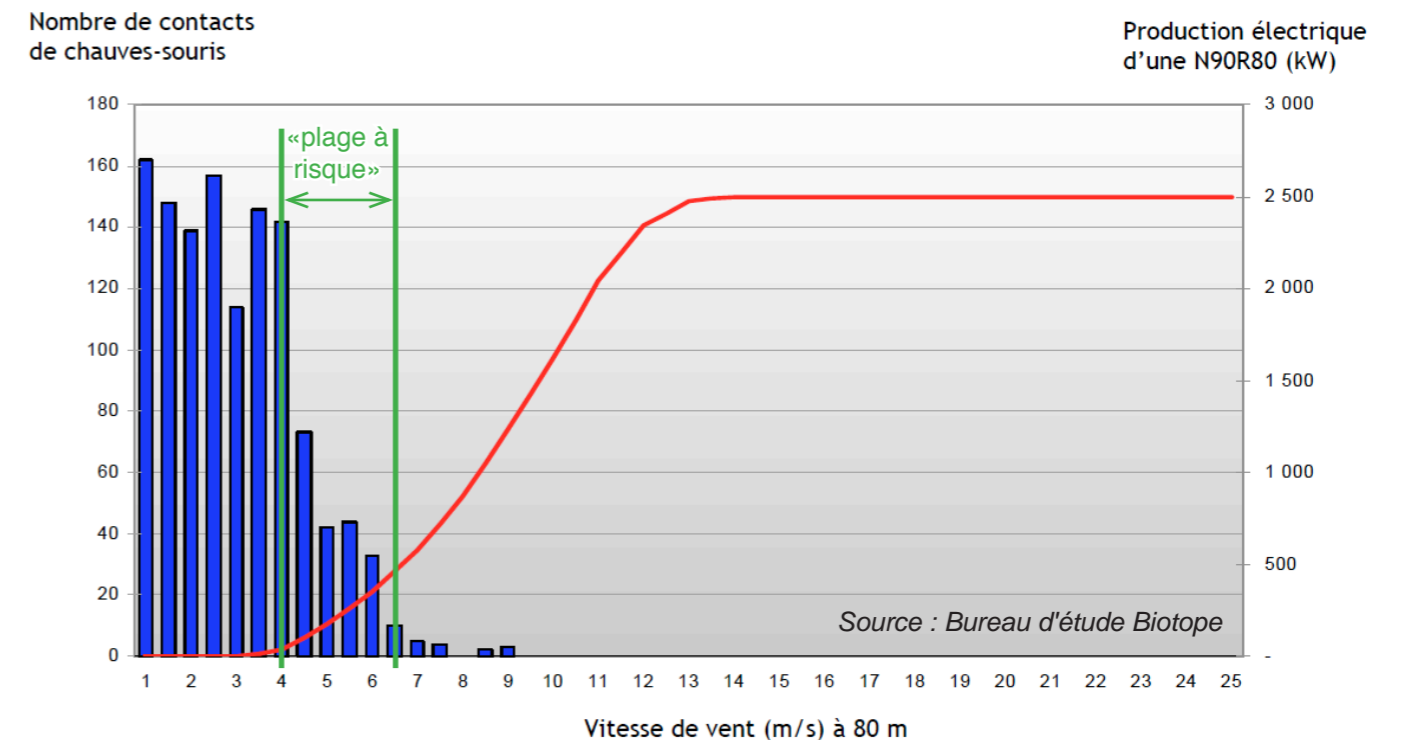


Figure 102 : Fréquentation des chiroptères et production électrique en fonction de la vitesse du vent

### H.3.1.3 - Mesures compensatoires et d'accompagnement concernant l'avifaune : sauvegarde des nids

#### ► *Les busards*

Le site est favorable à la nidification du Busard Saint-Martin (*Circus cyaneus*), espèce menacée, même si aucune nichée n'a été observée lors des prospections.

Même si l'impact du projet sur l'espèce n'est pas avéré, et afin d'aider le développement de l'espèce, nous proposons des mesures de sauvegarde des nichées de ce Busard. En effet, les nichées de cette espèce sont souvent détruites au moment des moissons.

L'opération consiste en une action de préservation et de suivi des nichées de Busard sur le territoire du projet et ses abords en épaulant les surveillants bénévoles des associations naturalistes et plus particulièrement de protection des busards.

Le Busard Saint-Martin peut nicher dans les blés, le seigle, l'orge, les escourgeons, le colza et la luzerne (outre les zones naturelles ou en herbe). La détection des nids est délicate, car d'une part les busards sont assez discrets et d'autre part la végétation haute ne permet pas de distinguer un nid à plus d'un ou deux mètres.

Le plus souvent, les cultures sont récoltées avant l'émancipation des jeunes, entraînant la destruction de la nichée et parfois des adultes.

Il faut donc repérer les nids avant les récoltes et prendre les mesures de protection adaptées (déplacement du nid et encagement pour la protection contre les prédateurs, maintien d'un îlot de culture autour du nid...).

La détection des nids est réalisée en deux temps :

#### Première phase : prospections en période de parade nuptiale

Cette période d'activité intense permet de repérer les couples et de pré-localiser les zones de nidification (secteur probable).

La prospection débute au moment des parades nuptiales à la mi-avril

Les prospections ont lieu à pied, ou en voiture à vitesse lente. Le busard volant généralement assez bas, il faut parcourir l'ensemble de la zone.

Nous proposons un suivi de Busard dans un rayon minimum de 2 km autour des éoliennes du projet, avec en moyenne 4 jours de surveillance par couple, sans limite de couples (pour les deux espèces).

Une fois que les parades nuptiales sont terminées et que le couple s'est installé, une période d'accalmie de 4 semaines a lieu pendant que la femelle couve. Les seuls indices à cette période sont les apports espacés de proies au nid, par le mâle, entraînant de brèves sorties de la femelle pour se nourrir (la femelle venant se saisir des proies, au vol).

#### Deuxième phase : prospection en période de nourrissage des jeunes

Fin mai-début juin, le mâle va ravitailler en nourriture la femelle et les jeunes, se rendant visible par ses allers-retours plus nombreux et permettant la localisation du nid.

Néanmoins, l'activité des Busards restant peu dense (peu d'allers et retours) et discrète, il est nécessaire de réaliser des observations fixes, sur des durées importantes (2 h par point).

On répartit donc des points d'observation sur toute la zone, en les resserrant sur les zones pré-repérées en période nuptiale (néanmoins l'ensemble de la zone doit être à minima prospectée, car des déplacements de nichée peuvent avoir lieu après la période nuptiale).

Le repérage précis d'un nid, caché dans des cultures hautes est difficile. Il est préférable de recourir à deux personnes, d'une part pour trianguler l'observation à partir de deux points (une fois que la zone est pré-localisée), puis ensuite pour guider l'une des personnes vers la zone (un observateur à l'extérieur guide une seconde personne qui progresse vers la zone du nid).

Une fois repéré, le nid est géolocalisé au GPS et un balisage mis en place (piquet avec fanion ou repère).

Le nombre de jeunes est compté, l'âge estimé (pour définir approximativement la date d'émancipation).

Les informations seront ensuite transmises aux associations naturalistes qui se chargent des mesures de protection strictes en cas de risque de moisson, avant le départ du nid. On

indique les localisations GPS des nids et les caractéristiques principales (type de culture, nombre de jeunes, âge estimé...). Une localisation sur une carte au 1 : 25 000 complète les données. Si nous disposons également des coordonnées de l'exploitant, celles-ci sont transmises en même temps. L'intervention sur les nids consiste soit à :

- déplacer le nid, avant la moisson de la zone concernée (solution à éviter),
- préserver une zone non moissonnée autour du nid (solution à privilégier).

À noter qu'en cas de déplacement du nid, sur une zone non moissonnée, le nid est ensuite visible et peut être découvert par des prédateurs. Une protection doit alors être mise en place par exemple sous forme d'une cage à maille étudier pour éviter le passage des prédateurs, mais pas ceux des busards.

Globalement, le calendrier de cette mesure est le suivant :

	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Prospections												
Localisation du nid												
Intervention												

Période de réalisation des étapes du suivi

Le suivi concernant la sauvegarde des nichées de busards est prévu pour s'étendre sur 3 années. Ce suivi pourra s'étendre au-delà de ces 3 années selon les résultats obtenus.



*Nichée de Busards Saint-Martin*

### H.3.1.4 - Suivi du site

Selon l'article 12 de l'Arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité, l'exploitant doit mettre en place un suivi environnemental visant le milieu, l'avifaune et les chiroptères :

- au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis,
- une fois tous les dix ans.

Les propositions de suivis se basent sur le "Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres" de novembre 2015. Les habitats naturels, l'avifaune et les chiroptères seront visés par ce suivi.

#### H.3.1.4.1 - Suivi des habitats naturels

##### ► **Objectifs**

Cette partie du suivi environnemental des parcs éoliens permet d'évaluer l'état de conservation de la flore et des habitats naturels présents au niveau de la zone d'implantation des éoliennes. En effet, la composante « habitats » est un paramètre important à prendre en compte dans le suivi des populations d'oiseaux, de chauves-souris et de toute espèce protégée impactée et identifiée dans l'étude d'impact.

L'objectif principal de ce suivi est donc de rendre compte des évolutions des habitats naturels dans le temps afin de comprendre le fonctionnement écologique du site et d'en tirer des enseignements concernant le suivi des populations d'oiseaux, de chauve-souris et des espèces protégées fréquentant le parc éolien.

Dans le cas où des espèces floristiques et/ou des habitats naturels patrimoniaux auraient été mis en évidence au cours des inventaires de l'étude d'impact du projet éolien (par exemple une station d'orchidées protégées ou un habitat d'intérêt communautaire situé au niveau de la zone d'implantation des éoliennes), le suivi des habitats naturels pourra également servir à vérifier leur présence / absence ainsi que leur état de conservation. Ces compléments de suivi ne se justifient que si le parc éolien est susceptible d'avoir une influence significative sur l'état de conservation de ces espèces floristiques ou habitats naturels patrimoniaux.

##### ► **Méthodologie**

Le suivi des habitats naturels sera réalisé en même temps que les suivis de l'avifaune et des chiroptères, c'est-à-dire une fois au cours des trois premières années suivant la mise en service industrielle du parc éolien puis, une fois tous les 10 ans, conformément à l'article 12 et le point 3.7 de l'annexe I des arrêtés du 26 août 2011.

La méthode utilisée sera identique à celle retenue dans l'évaluation environnementale (dont étude d'impact) et reprendra le cas échéant les recommandations du Guide de l'étude d'impact des parcs éoliens (MEEDDM, 2010).

En premier lieu, un travail de photo-interprétation permet de délimiter les différents habitats (sur la base des photographies aériennes). Puis, un inventaire de terrain (1 à 2 journées) permet de préciser la superficie exacte et les caractéristiques de chaque habitat (caractéristiques écologiques, cortège floristique, état de conservation, lien avec les autres habitats recensés, nombre de stations par espèces, etc.).

Chaque habitat naturel présent dans une zone de 300 m minimum autour des éoliennes sera cartographié et identifié à l'aide de son code CORINE Biotope (et le cas échéant de son code Natura 2000 s'il s'agit d'un habitat d'intérêt communautaire). Une fiche descriptive des caractéristiques principales de l'habitat sera également élaborée.

Dans le cas où les enjeux floristiques identifiés dans l'étude d'impact le justifient, une attention particulière sera portée sur les espèces végétales protégées ou sur les structures végétales patrimoniales (haies, boisements, pelouses sèches, etc.).

Dans les zones de grandes cultures, l'assolement joue un rôle important pour certaines espèces d'oiseaux. La cartographie des habitats pourra donc préciser les différentes cultures présentes au moment de l'inventaire de terrain.

### H.3.1.4.2 - Suivi de l'avifaune

Dans le cadre d'une mission de suivi d'un parc éolien, l'étude comprend deux aspects fondamentaux, l'identification des espèces présentes pour établir une comparaison avec l'état initial et l'étude du comportement de l'avifaune présente, vis-à-vis du parc.

Un suivi sera porté sur l'ensemble du parc afin d'évaluer le comportement de l'avifaune après l'implantation des éoliennes (modification des trajectoires de vol, fragmentation des groupes d'oiseaux au gagnage en période de migration, abandon de la zone par certaines espèces...).

Le tableau suivant indique la répartition et la fréquence du suivi ornithologique :

Type de Suivi	Cycle biologique complet (1 an)				Fréquence
	Hiver	Printemps	Été	Automne	
Suivi avifaune - comportement (diurne)	1	3	2	3	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2 fois au cours des 3 premières années</li><li>• puis 1 fois tous les 10 ans</li></ul>

Le suivi se déroulera sur un cycle biologique complet à l'image de l'état initial de ce dossier, le même nombre de prospections est également repris (voir "K.1.2 - Étude avifaune", page 376).

Le protocole de suivi environnemental validé par le Ministère de l'environnement nous impose de nous référer à la sensibilité des espèces présentes sur le site lors des inventaires. Le Faucon Pèlerin est jugé sensible et est nicheur probable, nous réaliserons donc 4 passages lors de la période de nidification (avril à juillet) en tant que suivi d'activité mais également de mortalité. Il n'a pas été remarqué de sensibilité lors des autres phases du cycle (migration, hivernage) cependant des sorties de suivi d'activité sont tout de même réalisées à titre préventif.

Le détail de la mise en oeuvre des différents suivis est détaillé ci-après.

#### • L'identification des espèces présentes pour établir une comparaison avec l'état initial

Cet aspect est réalisé suivant la méthodologie classique, l'avifaune est recensée en utilisant deux méthodes :

- les Indices Ponctuels d'Abondance I.P.A. (*BLONDEL, FERRY et FROCHOT 1970*),
- la recherche qualitative des espèces rencontrées sur le site.
- Indices Ponctuels d'Abondance

La répartition des oiseaux est directement liée à la quiétude du site, à la quantité de nourriture, au relief du terrain, à la présence de points d'eau et surtout à la structure de la végétation, tant sur le plan horizontal (diversité des milieux, densité du couvert) que vertical (nombre de strates).

Les strates décrites sont les suivantes :

- la strate herbacée,
- la strate sous-arbustive (<1 mètre),
- la strate arbustive (de 1 à 6 mètres),
- la strate arborescente (> 6 mètres).

Chaque station fait l'objet d'une observation visuelle et auditive d'une durée de 20 minutes.

Pour chaque relevé, une liste complète des espèces vues ou entendues est dressée. Les oiseaux sont dénombrés en distinguant :

- les milieux sur lesquels ils sont dénombrés,
- ceux observés en vol ou détectés au loin,
- ceux utilisant le milieu sans s'y reproduire (secteur riche en ressources alimentaires constituant un territoire de chasse et zone de repos),
- ceux repérés sur place dans un milieu favorable ou potentiellement favorable à leur nidification.

En période de reproduction on s'attachera en particulier à rechercher la présence des Busards, mais également à celle de la caille des blés qui était fortement présente avant le projet.

La prospection estivale permettra d'observer ou non, le succès de reproduction des espèces visées (busards, caille, ...), et le nombre de couples nicheurs. Mais permettra également de voir la réaction des laridés face aux éoliennes

Les périodes de prospections idéales correspondent aux périodes nuptiales de ces espèces (activité plus importante dû à la recherche de territoire, chant pour attirer les femelles...).

• L'étude du comportement de l'avifaune présente, vis-à-vis du parc

L'objectif n'est pas de faire un inventaire de l'avifaune utilisant ou traversant le site, mais bien de contrôler l'impact du parc.

Aussi les observations se font toujours dans un but de comparaison par rapport à l'état initial et d'analyser le comportement de l'avifaune par rapport aux éoliennes. Les observations portent donc sur :

- les espèces présentes,
- le nombre d'individus,
- le comportement des individus (au sol, en vol de passage, en vol de chasse, regroupement...),
- la hauteur de vol (si en vol),
- la direction de la trajectoire (en cas de survol),
- le comportement vis-à-vis des éoliennes (exemple : contourne l'éolienne),
- les conditions climatiques.

La figure ci-contre est le modèle de fiche de suivi que nous utilisons, créée par EQS spécifiquement pour le suivi éolien.

Site :		Conditions climatiques									
Localisation :		T°	Vent		Couvert nuageux en %		Précipitations				
Opérateur :			< 5		0 %		Pluie	Faible	Modéré	Important	Tres Important
Date :		5 à 10		10 à 30 %							
Point d'observation :		10 à 20	α	30 à 50	γ						
N° fiche du point :		20 à 50		50 à 100							
Heure de début :		> 50		100 %							
Durée :		secteur	○	Plafond :							
Espèce	Effectif	Situation			Comportement / éolien					Milieu	Remarque
		Posé	Vol local	Vol traversant (indiquer la direction)	Hauteur de vol (m)	Contournement du parc	Traversée du parc				
					Aucun	Contournement latéral	Survol	Plongeurs	Autre		
Pardalis gris	5	x									
Alouette	3+1		x	15		x					
linette mélodieux	2		x	5		x					
"	1+3		x								
Troglodyte	1		x								
Nerle rot	1		x								
Bergeronnette p	2		x								
Gaïlard argenti	1			x	10		x				
Rougicoucou	2		x								
Elan noir	3		x	5		x					

Figure 103 : Exemple de fiche de suivi avifaune

### H.3.1.4.3 - Suivi des chiroptères

Afin de vérifier si les éoliennes du parc n'engendrent pas de risques d'impacts pour les chiroptères, un suivi comportemental sera mené sur l'ensemble des machines du parc.

Le tableau ci-dessous indique la répartition et la fréquence du suivi chiroptères. Comme pour l'avifaune, le suivi se déroulera sur un cycle biologique complet à l'image de l'état initial de ce dossier, (voir chapitre "K.1.3 - Méthodologie Chiroptères", page 377).

Selon l'analyse de l'état initial, l'impact résiduel du projet est considéré comme faible sur les deux espèces contactées au sein de la zone d'implantation potentielle (Pipistrelle commune et Sérotine commune). Selon le protocole de suivi environnement, aucun suivi d'activité n'est obligatoire.

Cependant, afin de vérifier l'absence d'impact sur les chiroptères (modification de comportement...) un suivi comportemental sur les 4 éoliennes du parc sera réalisé. La répartition des sorties est déterminée par les enjeux détectés dans l'étude.

La mise en oeuvre des différents suivis est détaillée ci-après.

Type de Suivi	Cycle biologique complet (1 an)				Fréquence
	Hiver	Printemps	Été	Automne	
Suivi chiroptères - comportement	-	1	4	2	1 fois par an au cours des 2 premières années puis 1 fois tous les 10 ans (au minimum)

Si au cours des deux premières années, le suivi montrait des risques particuliers, il serait prolongé.

Pour l'étude du comportement des chiroptères, deux aspects sont à prendre en compte :

- les populations locales qui utilisent le site pour leur vie quotidienne (chasse par exemple),
- les phénomènes de "migration", qui peuvent concerner des populations n'utilisant pas habituellement le site, mais qui peuvent le traverser au moment des "migrations" en sortie d'hivernage, ou au contraire au moment de l'hivernage (déplacements depuis les sites de vie vers les sites d'hivernage).

Il semblerait, jusqu'à preuve du contraire, que les migrations des chiroptères s'effectuent en utilisant les éléments structurants du paysage (vallée). Lorsque des phénomènes de type "migratoire" concernent un plateau agricole, les déplacements sont plutôt diffus sur l'ensemble du site (pas d'axe ou de couloir bien défini).

A priori, aucune migration n'a été identifiée ou suspectée dans le cadre de l'étude d'impact.

Les chiroptères étant des animaux nocturnes, les prospections ont lieu la nuit (en réalité à partir de la tombée de la nuit, qui est la période la plus favorable).

En principe le suivi s'étale sur trois périodes :

- le printemps : Après l'hiver, les chiroptères sortent de leurs gîtes, en suivant le retour des insectes. Cette période montre normalement une montée progressive de l'activité.
- l'été (juillet, août et septembre) : Il s'agit ici de définir les conditions d'utilisation du site. En ce cas on privilégie la recherche de l'utilisation du site, par des écoutes fixes et en déplacement le long des éléments structurants. L'identification des espèces est plus facile, car l'on dispose de son signal acoustique et de l'observation. L'objectif est donc de définir quelles espèces fréquentent le site, le taux de fréquentation ou d'activités (nombre de contacts), et les zones du site utilisées.
- l'automne : Après le mois d'août, on observe une période d'intense activité des chiroptères, car les mères n'ont plus à s'occuper des jeunes qui sont émancipés, parce que les individus cherchent à constituer des réserves pour l'hiver, et parce qu'il s'agit également de la période d'accouplement. De plus, au retour du froid, les individus gagnent leur gîte d'hivernage, c'est donc une période pendant laquelle on peut observer la "migration" des chiroptères, c'est-à-dire leur déplacement depuis le site d'estivage, vers le site d'hiver. L'objectif est donc également de définir les conditions d'utilisation du site, mais aussi de savoir si des passages de type migratoire, sont identifiables. On recherche donc essentiellement les trajectoires directes (traversée du site), plutôt que les vols en trajectoires zigzagantes (comportement de chasse). Les hauteurs de vol en cas de migration sont variables selon les espèces (de quelques dizaines de mètres de hauteur à plus de cent mètres selon certains auteurs). Afin de rechercher si des migrations affectent le site, la prospection est réalisée par écoute simple sur des points fixes (en ce cas les signaux des chiroptères ne peuvent être captés que sur une quarantaine de mètres, sauf à utiliser un ballon captif), mais elle est surtout complétée par l'observation avec des jumelles de vision nocturne. Les jumelles permettent de mettre en évidence des vols en hauteur, mais ne garantissent pas une identification formelle de l'espèce concernée. Les hauteurs de vol, sont également assez difficiles à évaluer. Rappelons que dans le cas du site, il n'y a aucune suspicion de migration traversant le site.



### H.3.1.4.4 - Suivi de mortalité

En ce qui concerne le projet, nous avons vu que si l'activité reste globalement faible aux emplacements des éoliennes, il existe un risque ponctuel, atténué par l'importance de la garde au sol des éoliennes (distance entre le sol et les pales : 49 m). Pour ces raisons, un bridage ne semble pas s'imposer, mais il importe de vérifier par exemple une modification du comportement des chiroptères, qui pourraient être attirées par ce nouvel élément de leur environnement, constitué par les mats des éoliennes.

Les études de mortalité sont des prestations lourdes impliquant de nombreux passages sur le terrain. Elles ont normalement pour fonction d'estimer le taux de mortalité induit par un parc. Ces études ne sont à notre sens, adaptées que pour les cas particuliers ou si des incertitudes sont à lever.

En principe on procède à l'inspection d'un carré de 100 m X 100 m, centré sur chaque éolienne faisant l'objet du suivi. La durée d'inspection, pour une éolienne est de l'ordre d'une heure.

Pour limiter la disparition des cadavres par prédation, les passages doivent être réalisés à intervalles réduits, l'idéal étant de réaliser un suivi chaque jour.

Le couvert végétal influence fortement les résultats des prospections.

La recherche de cadavre, surtout de chiroptères, animaux de petite taille et de couleur peu visible, ne peut être réalisée que de jour. Pour être réalisée correctement, cette prestation nécessite une attention soutenue, et fixée au sol. Ainsi, le suivi de la mortalité ne peut pas être réalisé en même temps qu'un autre suivi comportemental.

Ainsi il nous semble qu'il serait pertinent de regrouper les interventions pendant la période de mortalité la plus couramment relevée dans la littérature, à savoir la période de swarming (période après l'émancipation des jeunes, de recherche de partenaires sexuels), c'est à dire entre la mi-août et la mi-septembre. À cette période les sols sont le plus souvent à nu (moissons réalisées), la recherche des cadavres est ainsi plus facile et plus efficace.

Le suivi serait de 4 sorties d'une journée, réparties sur une douzaine de jours, durant la période la plus à risque, et permettant de s'affranchir de la modification du comportement possible avec la présence des éoliennes, autour de chacune des 4 éoliennes du projet.

Le suivi de mortalité, illustré par le tableau, se déroulera donc de la façon suivante :

- zone prospectée : carré de 115 m X 115 m autour de l'éolienne concernée, correspondant à un diamètre maximum du rotor plus 15 % (pour étudier la zone de survol et ses abords immédiats),
- nombre de prospections : trois (noté "P" dans le tableau ci-dessous),
- durée entre deux prospections : deux à trois jours (signalés par "-" dans le tableau ci-dessous), afin de concilier limitation de la prédation et durée significative de suivi (trois passages sur trois jours consécutifs, permettant certes d'éviter davantage la prédation mais conduisant à couvrir une période de 6 jours tout au plus).
- durée totale et période du suivi : de dix-huit à vingt-quatre jours entre la mi-août et la mi-septembre.

Jour		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Organisation du suivi	Choix 1	-	-	P	-	-	P	-	-	P	-	-	P	-	-	-	-
	ou	Durée du suivi de mortalité minimum															
	Choix 2	-	-	-	P	-	-	-	P	-	-	-	P	-	-	-	P
		Durée du suivi de mortalité maximum															

Les "Choix 1" et "Choix 2" peuvent être modulés entre eux, notamment pour tenir compte des jours ouvrés.

À noter que les formules de "calcul" du taux de mortalité en fonction de la pression d'observation, ne peuvent s'appliquer dans ce cas de figure, car le nombre de prospections n'est pas suffisant.

### H.3.1.4.5 - Synthèse concernant le suivi

Le tableau suivant récapitule le nombre et la période à laquelle les prospections de suivi seront réalisées et les points ou les éoliennes sur lesquelles porte le suivi.

Type de Suivi	Cycle biologique complet (1 an)				Remarques
	Hiver	Printemps	Été	Automne	
Suivi avifaune - comportement	1	3	2	3	Sur les points similaires à l'état initial
Suivi chiroptères - comportement	-	1	4	2	
Suivi faucon pèlerin - comportement et mortalité			4		
Suivi chiroptères - mortalité	-	-	-	1 séquence de 4 passages	-

En ce qui concerne la fréquence de réalisation des suivis, rappelons que la réglementation impose un suivi au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis, une fois tous les dix ans.

Sur la base de la réglementation et dans le cadre du présent projet, un suivi est proposé sur deux ans au cours des trois premières années, afin de limiter la contribution des paramètres naturels (aléa biologique et circonstances climatiques par exemple voir partie interprétation ci-après). Les suivis ont ensuite lieu tous les dix ans, sauf si les résultats montrent qu'une périodicité plus appropriée est nécessaire.

### H.3.1.5 - Interprétation et analyse des risques

L'objectif est de définir quelles sont les modifications apportées par le projet et si elles sont conformes à ce qui avait été évalué (étude d'impact). Pour cela, des comparaisons avec les relevés réalisés en amont de l'implantation des éoliennes seront menées.

Notons que la comparaison sur une seule année n'est pas forcément significative, car d'une part le comportement de l'avifaune et des chiroptères vis-à-vis de l'éolien peut évoluer dans le temps, et d'autre part, les conditions climatiques peuvent influencer les résultats.

Ainsi une différence entre l'état initial et l'année d'observation ne sera pas forcément attribuable à l'aspect éolien (aléa biologique, circonstance climatique ou autre...). Ces comparaisons devront donc être menées avec prudence.

## H.4 - MESURES POUR LE PATRIMOINE

Des éléments d'intérêt archéologiques sont susceptibles d'être découverts durant les travaux. La Ferme éolienne du Moulin de Jérôme définira avec la DRAC s'il y a lieu de réaliser un diagnostic des secteurs concernés.

Du fait de la faible sensibilité du site en termes de patrimoine, aucune mesure particulière ne se justifie pour le projet.

## H.5 - MESURES EN FAVEUR DE L'HABITAT ET DES ACTIVITÉS HUMAINES

### H.5.1 - MESURES ET SUIVI DES IMPACTS CONTRE LE BRUIT

Plusieurs mesures visent à limiter l'incidence acoustique des éoliennes du projet :

- le profilé adapté du bout des pales,
- l'éloignement des éoliennes vis-à-vis des habitations (au moins 650 m dans le cas du projet), et des zones constructibles,

Dans ces conditions, l'étude a montré le caractère non impactant du projet en termes de nuisances sonores pour le voisinage.

Ajoutons qu'il est prévu un suivi acoustique du parc (campagne de mesures) après sa mise en service.

### H.5.2 - MESURE CONTRE LE RISQUE LIÉ À LA PROXIMITÉ D'UNE LIGNE ÉLECTRIQUE

Les pales de l'éolienne E1 surplombent une section de ligne électrique 20 KV.

Afin d'éviter tout risque, notamment lié à la chute de glace, la section de ligne électrique comprise entre les poteaux proches sera enfouie. Ces poteaux sont ceux qui sont situés sur les parcelles :

- ZH 49 à Béwillers,
- ZA 16 à Saint-Hilaire-lez-Cambrai.

La longueur correspondante est d'environ 200 m, pour un coût d'enfouissement de l'ordre de 100 € du mètre linéaire.

### H.5.3 - MESURES CONTRE LES PERTURBATIONS HERTZIENNES

Comme il a été précisé dans le chapitre relatif aux impacts sur les faisceaux hertziens, il est possible que le parc éolien engendre des perturbations sur les récepteurs TV du secteur.

Des solutions techniques existent. La Ferme Éolienne du Moulin de Jérôme s'engage conformément à la loi à les mettre en oeuvre avec l'ANFR (Agence Nationale des Fréquences).

- Modification des antennes

La surface d'interférence étant réduite, la modification de l'orientation ou le déplacement des antennes pourrait permettre de capter un signal non perturbé depuis un autre émetteur ou un autre réémetteur qui, si besoin, serait modifié, en accord avec l'ANFR, pour pallier ces perturbations.

L'ajout d'une antenne « longue bande » à l'antenne existante devrait aussi permettre d'améliorer la discrimination entre la transmission « utile » et celle réfléchiée par l'éolienne et donc d'éliminer les interférences.

- Installation de paraboles

La solution consistant à doter les foyers de paraboles résoudrait définitivement les problèmes de réception. Cette solution présente néanmoins comme inconvénient l'exclusion des quelques émissions régionales de France 3 et de M6, émises par satellite en version nationale.

- Installation de réémetteur

Cas ultime, si une grande partie du territoire est touchée, l'installation d'un réémetteur à proximité des sites problématiques s'impose. Pour cela, une étude réalisée par l'ANFR devra démontrer la faisabilité de cette installation.

## H.6 - MESURES POUR LE PAYSAGE

Comme évoqué dans le chapitre relatif aux impacts, un travail préalable d'investigation a été mené, sous la forme d'un diagnostic paysager, suivi de réunions de concertation avec tous les partenaires du projet. Cette démarche a permis d'affiner les implantations possibles du parc éolien sur le plateau en fonction de l'impact paysager généré.

Des mesures "amont" ont donc été prises, au préalable, pour supprimer ou réduire un certain nombre d'impacts. Celles-ci ont déjà été développées précédemment dans le dossier.

### H.6.1 - MESURES PRÉVENTIVES CONCERNANT LES ÉOLIENNES

#### H.6.1.1 - Couleur

La DGAC préconise des couleurs claires, pour des raisons de sécurité. Cette requête, apparemment antinomique avec la volonté d'intégration dans le grand paysage, laisse toutefois une certaine latitude, au niveau chromatique, pour réduire les impacts. En effet, l'expérience menée sur d'autres sites montre qu'une légère variation de nuance peut réduire la brillance et l'effet amplificateur du blanc dans le paysage.

Le choix de couleurs est détaillé au chapitre "B.2.3.7 - Couleur des éoliennes", page 16.

#### H.6.1.2 - Dimensions et volumes

Les éoliennes possèdent des caractéristiques qui ne peuvent pas subir de modifications : elles sont inhérentes à la solidité de la structure et aux performances recherchées.

Le travail de design effectué sur ce type d'éolienne a permis d'obtenir des lignes très aérodynamiques et esthétiques. Il n'y a pas de prescription paysagère particulière applicable aux caractéristiques physiques et volumétriques des machines.

### H.6.2 - MESURES CONCERNANT LES POSTES DE LIVRAISON

Les transformateurs seront intégrés dans les éoliennes et n'auront donc aucun impact visuel.

Le poste de livraison n'aura qu'un impact très limité sur le paysage (sans comparaison avec l'impact des éoliennes).

De plus, le choix du parti d'aménagement de ce poste a été guidé par le contexte rural local. En effet, les façades seront composées d'un bardage bois rustique qui rappelle les constructions agricoles locales (photo suivante).



Figure 104 : Poste de livraison type

### H.6.3 - MESURES CONCERNANT LE RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE

Pour éviter tout impact paysager lié à la présence de nouvelles lignes électriques aériennes, la Ferme Éolienne du Moulin de Jérôme s'est engagée à enterrer la totalité du réseau créé.

Afin de limiter au maximum l'impact lié à la mise en œuvre en phase chantier, l'ouverture des tranchées, la mise en place des câbles et la fermeture des tranchées seront opérées en continu, à l'avancement.

## H.7 - SYNTHÈSE ET ESTIMATION DU COÛT DES MESURES RÉDUCTRICES, COMPENSATOIRES ET COMPLÉMENTAIRES

Les principales mesures d'évitement, réductrices, compensatoires et complémentaires ou d'accompagnement sont reprises sur la carte en Figure 105.

Le tableau récapitule quant à lui l'ensemble des mesures. Les mesures représentant un surcoût par rapport à un aménagement classique font l'objet d'un chiffrage.

Il est toutefois difficile, voire impossible, de faire un estimatif de toutes les mesures du fait que certaines ont été prises très en amont (zones évitées, conception de base des machines...) et ont été intégrées au projet ou encore parce que les coûts de certaines mesures sont encore inconnus (recherches archéologiques ou résolution des éventuelles perturbations hertziennes par exemple).

Synthèse des enjeux du site	Synthèse des effets potentiels du projet sans mesure	Mesures									
		ÉVITEMENT - RÉDUCTION				COMPENSATION - ACCOMPAGNEMENT				Évaluation des impacts résiduels	Coût estimé des mesures (€)
		Mesure d' <u>évite</u> ment	Mesure de <u>réduct</u> ion	Modalités de réalisation des mesures d'évitement et de réduction	Évaluation des impacts résiduels	Mesure de <u>compens</u> ation	Mesure d' <u>accompagne</u> ment et de <u>suivi</u>	Modalités de réalisation des mesures de compensation, d'accompagnement et de suivi			
Enjeux hydrauliques modérés	Création de surfaces imperméabilisées susceptible de générer des ruissellements supplémentaires	Implantations éloignées des axes de ruissellement  Secteur sensible à l'érosion évité	Réduction au maximum des surfaces des plates-formes et des linéaires des chemins créés	-	Négligeable	-	-	-	Négligeable	-	
Plusieurs sites d'intérêt écologique (sites Natura 2000, ZNIEFF) dans l'aire d'étude éloignée.	Emprise au sol : destruction potentielle de milieux  Rotors susceptibles d'interférer avec la faune volante  En phase travaux : dérangement temporaire	Projet éloigné des sites concernés	-	-	Négligeable	-	-	-	Négligeable	-	
Intérêt écologique des espaces cultivés (plutôt faible)	Prélèvement d'emprise	Implantation en secteur cultivé, à moindre enjeu écologique	Réduction au maximum des surfaces des plates-formes et des linéaires des chemins créés	-	Faible	-	-	-	Faible	-	

Synthèse des enjeux du site	Synthèse des effets potentiels du projet sans mesure	Mesures								
		ÉVITEMENT - RÉDUCTION				COMPENSATION - ACCOMPAGNEMENT			Évaluation des impacts résiduels	Coût estimé des mesures (€)
		Mesure d' <u>évitement</u>	Mesure de <u>réduction</u>	Modalités de réalisation des mesures d'évitement et de réduction	Évaluation des impacts résiduels	Mesure de <u>compensation</u>	Mesure d' <u>accompagnement</u> et de <u>suivi</u>	Modalités de réalisation des mesures de compensation, d'accompagnement et de suivi		
Site susceptible d'être fréquenté par la faune volante.	Machines de grande taille : susceptibles d'interférer avec les voies de migration, Gêne potentielle pour les déplacements, Risque de collision	Implantation des éoliennes en dehors des axes majeurs de migration	Espacer suffisamment les éoliennes de manière à permettre d'éventuels passages au sein du parc  S'implanter en densification d'un secteur déjà investi par l'éolien	-	Faible	-	-	-	Faible	-
Le site est favorable à la nidification du Busard Saint-Martin, espèce menacée, toutefois aucun couple nicheur n'a été observé sur le site	Dérangement potentiel pour les individus qui viendraient nicher aux abords	-	-	-	-	-	Sauvegarde des nids de Busard Saint-Martin	Ce suivi est prévu pour s'étendre sur trois années à compter de l'année de l'implantation des éoliennes. Il pourra s'étendre au-delà de ces trois années selon les résultats obtenus.	Faible	18 000
Fréquentation du site et ses abords par des chiroptères	Risque de collision d'individus avec les pales en mouvement dans les secteurs à enjeux  Les interstices des nacelles et des mâts sont susceptibles d'intéresser les chiroptères comme abris, induisant une augmentation de la fréquentation de leurs abords, donc le risque de collision.  L'éclairage crépusculaire et nocturne de l'entrée et des abords des éoliennes est susceptible d'attirer les proies des chiroptères (insectes volants), induisant une augmentation de la fréquentation de leurs abords, et donc du risque de collision.	Éoliennes éloignées des bois et bosquets,  Bridage de l'éolienne E2  Mise en place de grilles ou brosses au niveau des interstices des nacelles et des tours afin d'éviter l'intrusion des chiroptères.	Suppression des lumières autres que le balisage (spot au-dessus de la porte d'entrée de l'éolienne)	Dès la mise en service du parc, et durant toute la phase d'exploitation.  Si les chiroptères pénètrent dans les tours et les nacelles malgré ces dispositifs, la société d'exploitation s'engage à les remplacer par des dispositifs plus adaptés.  Coût du bridage estimé à environ 1 % de la production	Non significatifs	-	-	-	Non significatifs	bridage (coût annuel estimé à environ 1 % de la production : 5 260

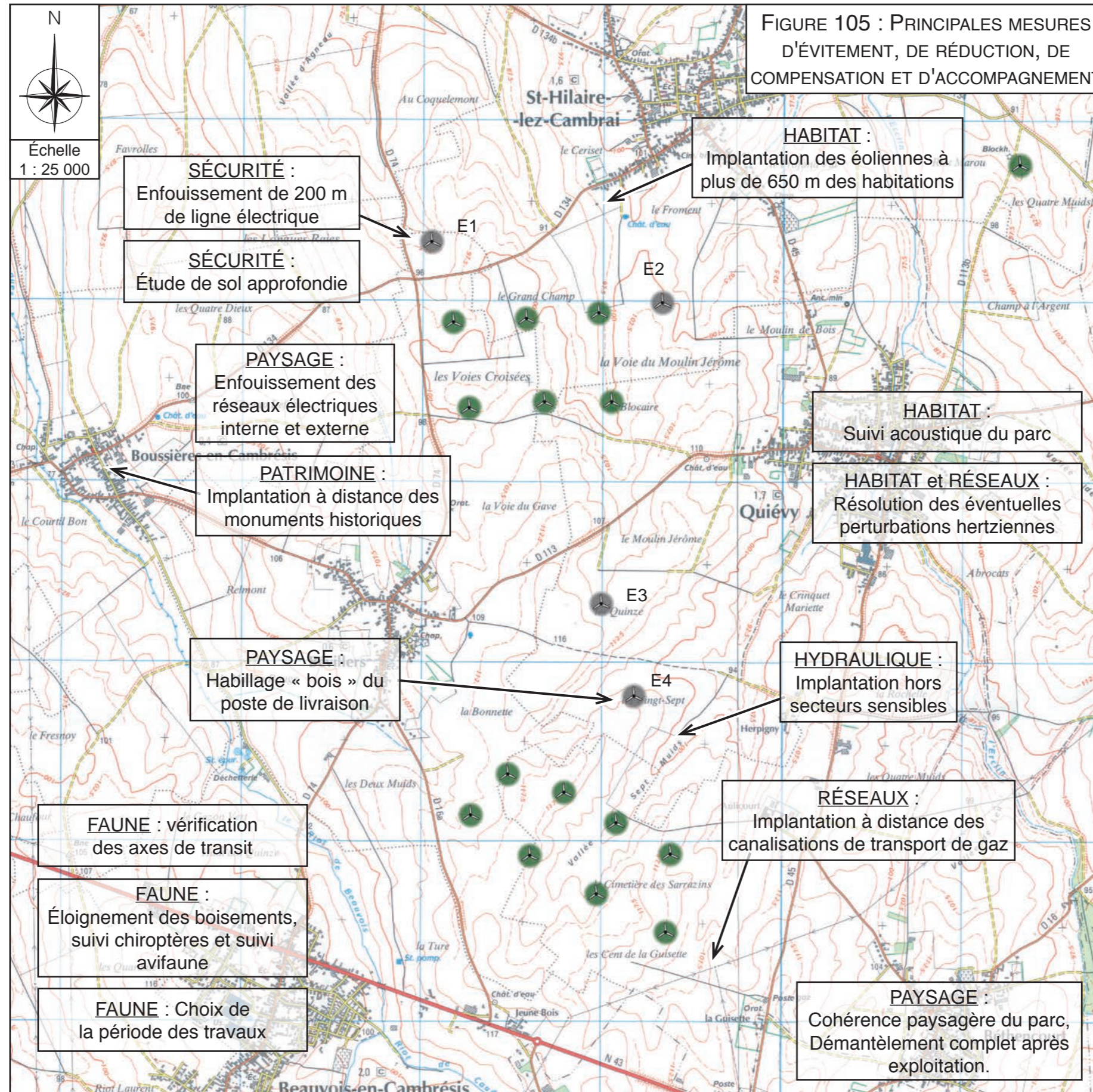
Synthèse des enjeux du site	Synthèse des effets potentiels du projet sans mesure	Mesures									
		ÉVITEMENT - RÉDUCTION				COMPENSATION - ACCOMPAGNEMENT				Évaluation des impacts résiduels	Coût estimé des mesures (€)
		Mesure d'évitement	Mesure de réduction	Modalités de réalisation des mesures d'évitement et de réduction	Évaluation des impacts résiduels	Mesure de compensation	Mesure d'accompagnement et de suivi	Modalités de réalisation des mesures de compensation, d'accompagnement et de suivi			
Fréquentation du site et ses abords par des oiseaux et des chiroptères	Modification potentielle du comportement de ces espèces	-	-	-	-	-	-	Suivi comportemental ornithologique et chiroptérologique,  Suivi de mortalité chiroptères	Selon le "Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres" de novembre 2015.  De plus, si les conclusions des suivis sont différentes de celles de cette étude, des mesures telles que l'arrêt des turbines aux périodes les plus sensibles peuvent être mises en place.	-	suivis (sur 10 ans) : 40 000
Présence potentielle de vestiges archéologiques (aucun identifié sur le site)	Mise au jour possible de vestiges lors de la réalisation des fondations	Le Préfet ordonnera, si nécessaire, une campagne de diagnostic archéologique, préliminaire à la phase travaux	-	En cas de découverte de vestiges au cours des travaux, le développeur conviendra avec la Préfecture et la DRAC, des mesures à envisager qui sont généralement une fouille préventive	-	-	-	-	-	Aucun	-
Activité agricole	Prélèvement d'emprise	-	Réduction au maximum des surfaces des plates-formes et des linéaires des chemins créés	-	Faible	-	-	-	-	Faible	-

Synthèse des enjeux du site	Synthèse des effets potentiels du projet sans mesure	Mesures								
		ÉVITEMENT - RÉDUCTION				COMPENSATION - ACCOMPAGNEMENT			Évaluation des impacts résiduels	Coût estimé des mesures (€)
		Mesure d' <u>évite</u> ment	Mesure de <u>réduction</u>	Modalités de réalisation des mesures d'évitement et de réduction	Évaluation des impacts résiduels	Mesure de <u>compensation</u>	Mesure d' <u>accompagne</u> ment et de <u>suivi</u>	Modalités de réalisation des mesures de compensation, d'accompagnement et de suivi		
Secteurs habités à plus de 650 m	Potentiellement, à proximité : nuisances acoustiques, visuelle... imposant une distance minimale de 500 m entre zones urbanisables et éoliennes.  Perturbations possible de la réception TV	Éloignement des habitations et des zones urbanisables pour l'habitat	-	Implantation à plus de 650 m des habitations	Faible	-	Suivi acoustique en phase d'exploitation	Vérification de l'émergence sonore à la mise en service du parc	Négligeable	<u>suivi acoustique</u> :  10 000
Site traversé de routes et de chemins	En cas de gel, risque de projection de glace	-	Panneaux d'information au pied des machines	Durant toute la phase d'exploitation	-	-	-	-	Faible	2 000
Ligne électrique 20 KV proche de l'éolienne E1	Risque de chute de glace ou d'arc électrique	Enfouissement de la ligne à proximité de l'éolienne	-	-	Négligeable	-	-	-	Négligeable	20 000



Synthèse des enjeux du site	Synthèse des effets potentiels du projet sans mesure	Mesures								
		ÉVITEMENT - RÉDUCTION				COMPENSATION - ACCOMPAGNEMENT			Évaluation des impacts résiduels	Coût estimé des mesures (€)
		Mesure d' <u>évite</u> ment	Mesure de <u>rédu</u> ction	Modalités de réalisation des mesures d'évitement et de réduction	Évaluation des impacts résiduels	Mesure de <u>compensation</u>	Mesure d' <u>accompagne</u> ment et de <u>suivi</u>	Modalités de réalisation des mesures de compensation, d'accompagnement et de suivi		
Grand paysage, Paysage local perçu depuis : <ul style="list-style-type: none"> <li>• les axes routiers traversant le site,</li> <li>• les hameaux et villages proches.</li> </ul>	Machines de grande hauteur, susceptibles d'être visibles de loin  Balisage lumineux obligatoire	Éloignement des sites d'intérêt paysager	Cohérence paysagère du parc, choix du modèle et de la couleur de l'éolienne, synchronisation des balises lumineuses des éoliennes, extension d'un parc accordé	Les machines seront toutes du même modèle	Fort jusqu'à 1,2 km, Modéré jusqu'à 8,6 km, Faible au delà	-	Constitution de garanties financières pour démantèlement des fondations et éoliennes après exploitation	Suivant modalités de l'article 1 de l'arrêté du 26/08/2011	Après édification : Impact fort du projet jusqu'à 1,2 km,  Réduction de l'impact paysager local lié à l'enfouissement de lignes	<u>enfouissement des lignes</u> :  171 000
	8,55 kilomètres de lignes électriques entre les éoliennes, le poste de livraison et le poste source.	Enfouissement du raccordement interne et externe du parc		En phase travaux, l'ouverture des tranchées, la mise en place des câbles et la fermeture des tranchées seront opérés en continu, à l'avancement.	Modéré durant les travaux, Aucun à terme				Après démantèlement : Impact nul	<u>démantèlement</u> :  200 903
Paysage local rural	Implantation d'un poste de livraison	-	Les façades seront composées d'un bardage bois rustique	-	Faible	-	-	-	Faible	6 000
Lieux de vie, milieu naturel, ressource en eau...	Incidences du chantier : anticipées (trafic routier, engins de chantier sur le site...) ou potentielles (pollutions accidentelles...) à limiter	-	Mesures de suivi de chantier	Durant le chantier	Faible	-	-	-	Faible	2 000
									<i>Coût total estimé :</i>	<b>476 163</b>

Thèmes concernés : ● Hydrologie ● Milieu naturel ● Activités / Santé ● Patrimoine et paysage





# I - COMPATIBILITÉ AVEC LES DOCUMENTS D'URBANISME ET AUTRES PLANS ET PROGRAMMES MENTIONNÉS À L'ARTICLE R.122-17 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT

## I.1 - GÉNÉRALITÉS

L'étude d'impact doit présenter, si nécessaire, l'articulation du projet avec les plans, schémas et programmes mentionnés à l'article R.122-17 du Code de l'Environnement c'est-à-dire :

1° Programme opérationnel mentionné à l'article 32 du règlement (CE) n°1083/2006 du Conseil du 11 juillet 2006 portant dispositions générales sur le Fonds européen de développement régional, le Fonds social européen et le Fonds de cohésion et abrogeant le règlement (CE) n°1260/1999 ;

2° Schéma décennal de développement du réseau prévu par l'article L.321-6 du Code de l'Énergie ;

3° Schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables prévu par l'article L.321-7 du Code de l'Énergie ;

4° Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux prévu par les articles L.212-1 et L.212-2 du Code de l'Environnement ;

5° Schéma d'aménagement et de gestion des eaux prévu par les articles L.212-3 à L.212-6 du Code de l'Environnement ;

6° Document stratégique de façade prévu par l'article L.219-3 du Code de l'Environnement et document stratégique de bassin prévu à l'article L.219-6 du même code ;

7° Plan d'action pour le milieu marin prévu par l'article L.219-9 du Code de l'Environnement ;

8° Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie prévu par l'article L.222-1 du Code de l'Environnement ;

9° Zone d'actions prioritaires pour l'air mentionnée à l'article L.228-3 du Code de l'Environnement ;

10° Charte de parc naturel régional prévue au II de l'article L.333-1 du Code de l'Environnement ;

11° Charte de parc national prévue par l'article L.331-3 du Code de l'Environnement ;

12° Plan départemental des itinéraires de randonnée motorisée prévu par l'article L.361-2 du Code de l'Environnement ;

13° Orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques prévues à l'article L.371-2 du Code de l'Environnement ;

14° Schéma régional de cohérence écologique prévu par l'article L.371-3 du Code de l'Environnement ;

15° Plans, schémas, programmes et autres documents de planification soumis à évaluation des incidences Natura 2000 au titre de l'article L.414-4 du Code de l'Environnement à l'exception de ceux mentionnés au II de l'article L.122-4 même du code ;

16° Schéma mentionné à l'article L.515-3 du Code de l'Environnement (Schéma régional des Carrières) ;

17° Plan national de prévention des déchets prévu par l'article L.541-11 du Code de l'Environnement ;

18° Plan national de prévention et de gestion de certaines catégories de déchets prévu par l'article L.541-11-1 du Code de l'Environnement ;

19° Plan régional ou interrégional de prévention et de gestion des déchets dangereux prévu par l'article L.541-13 du Code de l'Environnement ;

20° Plan départemental ou interdépartemental de prévention et de gestion des déchets non dangereux prévu par l'article L.541-14 du Code de l'Environnement ;

21° Plan de prévention et de gestion des déchets non dangereux d'Ile-de-France prévu par l'article L.541-14 du Code de l'Environnement ;

22° Plan départemental ou interdépartemental de prévention et de gestion des déchets issus de chantiers du bâtiment et des travaux publics prévu par l'article L.541-14-1 du Code de l'Environnement ;

23° Plan de prévention et de gestion des déchets issus de chantiers du bâtiment et des travaux publics d'Ile-de-France prévu par l'article L.541-14-1 du Code de l'Environnement ;

24° Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs prévu par l'article L.542-1-2 du Code de l'Environnement ;

25° Plan de gestion des risques d'inondation prévu par l'article L.566-7 du Code de l'Environnement ;

26° Programme d'actions *national* pour la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole prévu par le IV de l'article R.211-80 du Code de l'Environnement ;

27° Programme d'actions *régional* pour la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole prévu par le IV de l'article R.211-80 du Code de l'Environnement ;

28° Directives d'aménagement mentionnées au 1° de l'article L.122-2 du Code Forestier ;

29° Schéma régional mentionné au 2° de l'article L.122-2 du Code Forestier ;

30° Schéma régional de gestion sylvicole mentionné au 3° de l'article L.122-2 du Code Forestier ;

31° Plan pluriannuel régional de développement forestier prévu par l'article L.122-12 du Code Forestier ;

32° Schéma départemental d'orientation minière prévu par l'article L.621-1 du Code Minier (Guyane) ;

33° 4° et 5° du projet stratégique des grands ports maritimes, prévus à l'article R.103-1 du Code des Ports Maritimes ;

34° Réglementation des boisements prévue par l'article L.126-1 du Code Rural et de la Pêche Maritime ;

35° Schéma régional de développement de l'aquaculture marine prévu par l'article L.923-1-1 du Code Rural et de la Pêche Maritime ;

36° Schéma national des infrastructures de transport prévu par l'article L.1212-1 du Code des Transports ;

37° Schéma régional des infrastructures de transport prévu par l'article L.1213-1 du Code des Transports ;

38° Plan de déplacements urbains prévu par les articles L.1214-1 et L.1214-9 du Code des Transports ;

39° Contrat de plan État - région prévu par l'article 11 de la loi n°82-653 du 29 juillet 1982 portant réforme de la planification ;

40° Schéma régional d'aménagement et de développement du territoire prévu par l'article 34 de la loi n°83-8 du 7 janvier 1983 relative à la répartition des compétences entre les communes, les départements et les régions ;

41° Schéma de mise en valeur de la mer élaboré selon les modalités définies à l'article 57 de la loi n°83-8 du 7 janvier 1983 relative à la répartition des compétences entre les communes, les départements et les régions ;

42° Schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris et contrats de développement territorial prévu par les articles 2, 3 et 21 de la loi n°2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris ;

43° Schéma des structures des exploitations de cultures marines prévu par l'article 5 du décret n°83-228 du 22 mars 1983 fixant le régime de l'autorisation des exploitations de cultures marines ;

Autres plans, schémas, programmes et documents de planification susceptibles de faire l'objet d'une évaluation environnementale après un examen au cas par cas :

1° Directive de protection et de mise en valeur des paysages prévue par l'article L. 350-1 du code de l'environnement ;

2° Plan de prévention des risques technologiques prévu par l'article L. 515-15 du code de l'environnement et plan de prévention des risques naturels prévisibles prévu par l'article L. 562-1 du même code ;

3° Stratégie locale de développement forestier prévue par l'article L. 123-1 du code forestier ;

4° Zones mentionnées aux 1° à 4° de l'article L. 2224-10 du code général des collectivités territoriales ;

5° Plan de prévention des risques miniers prévu par l'article L. 174-5 du code minier ;

6° Zone spéciale de carrière prévue par l'article L. 321-1 du code minier ;

7° Zone d'exploitation coordonnée des carrières prévue par l'article L. 334-1 du code minier ;

8° Aire de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine prévue par l'article L. 642-1 du code du patrimoine ;

9° Plan local de déplacement prévu par l'article L. 1214-30 du code des transports ;

10° Plan de sauvegarde et de mise en valeur prévu par l'article L. 313-1 du code de l'urbanisme.

Dans le cas présent, et compte tenu du contexte local (département du Nord, pas de grande forêt proche, éloigné du littoral,...) l'articulation porte donc sur les éléments suivants :

- Documents d'urbanisme :
  - Plan Local d'Urbanisme (PLU) de Béthencourt et de Quiévy, carte communale de Saint-Hilaire-lez-Cambrai,
  - Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) du Cambrésis,
- Autres plans et programmes :
  - Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Énergies Renouvelables (S3REnR) du Nord-Pas-de-Calais,
  - Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) Artois-Picardie,
  - Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de l'Escaut,
  - Schéma Régional Climat Air et Énergie (SRCAE) du Nord-Pas-de-Calais,
  - Schéma Régional de Cohérence Écologique (SRCE) du Nord-Pas-de-Calais,
  - Plan Départemental d'Élimination des Déchets Ménagers et Assimilés (PDEDMA) du Nord,
  - Plan Régional d'Élimination des Déchets Dangereux (PREDD) du Nord-Pas-de-Calais,
  - Plan de gestion des déchets du BTP du Nord-Pas-de-Calais,
  - Schéma interdépartemental des Carrières du Nord-Pas-de-Calais,
  - Contrat de plan État-Région 2015-2020 (Région Nord-Pas-de-Calais),
  - Schéma Régional d'Aménagement et de Développement Durable du Territoire (SRADDT) du Nord-Pas-de-Calais.

## I.2 - ARTICULATION AVEC LES DOCUMENTS D'URBANISME

### I.2.1 - ÉCHELLE COMMUNALE

Les documents d'urbanisme des communes d'implantation du projet ont été cités au chapitre "D.9.2.1 - Urbanisme", page 100.

Le projet se trouve toujours en secteurs à vocation agricole qui permettent le développement éolien. On ne trouve aucune zone urbanisable ou urbanisée à moins de 500 m des éoliennes du projet.

### I.2.2 - ÉCHELLE TERRITORIALE

Le projet est localisé sur le territoire du SCoT (Schéma de Cohérence Territoriale) du Cambrésis, arrêté le 6 janvier 2011.

Le SCoT indique que les énergies renouvelables sont peu présentes en 2005 sur le territoire. Il reprend l'objectif du Plan Climat Territorial (PCT) de réduire d'ici 2020 de 20% les émissions de gaz à effet de serre dans le Cambrésis, et de 75% d'ici 2050.

Le SCoT conclut enfin que "il faut réduire la dépendance aux énergies fossiles en ayant une démarche plus économe et en développant les énergies renouvelables. De plus, il est important d'améliorer la qualité de l'air du territoire en diminuant les rejets de gaz à effet de serre, de manière à atteindre les objectifs fixés par le plan climat territorial".

Le SCoT du Cambrésis inclut le Schéma Territorial Éolien (STE), édité en 2007. Ce STE se veut un outil d'aide à la décision présentant le projet politique du territoire en matière de développement de l'éolien. Il visait notamment à définir les secteurs propices à l'éolien avant la suppression de la procédure des ZDE (Zones de Développement de l'Éolien) en 2013 par la loi Borloo.

Le STE prévoit un éloignement minimum de 1 fois la hauteur totale d'une éolienne en bout de pale le long des routes. Néanmoins, la circulaire ministérielle du 29 août 2011, relative aux conséquences et orientations du classement des éoliennes dans le régime des installations classées, prévoit de ne pas fixer de distance d'éloignement vis-à-vis notamment des voies de communication.

En conclusion, le projet est compatible avec le Schéma.

### **I.3 - SCHÉMA RÉGIONAL DE RACCORDEMENT AU RÉSEAU DES ÉNERGIES RENOUVELABLES**

Dans le Nord-Pas-de-Calais, l'ambition régionale affichée dans le SRCAE est de viser 1966 MW de capacité EnR (Énergies Renouvelables) installée à l'horizon 2020, dont 1346 MW pour l'éolien.

C'est dans ce cadre que le gestionnaire du réseau public de transport d'électricité (RTE) a établi le S3REnR, qui a été approuvé le 17 janvier 2014.

En considérant l'état initial des productions déjà en service (538 MW) et en file d'attente (455 MW), l'effort restant à réaliser à la date du dépôt du S3REnR au préfet est de 973 MW. Ce volume est réparti entre environ 710 MW qui sont réservés sur les capacités actuellement disponibles ou dont les investissements sont déjà engagés et environ 265 MW pour lesquels il est nécessaire de mener des travaux supplémentaires pour créer et réserver cette capacité.

Le projet se raccordera au poste de Caudry, qui présente une capacité d'accueil d'électricité d'origine renouvelable de 52,2 MW.

Au vu de cette capacité réservée, le projet est compatible avec ce schéma.

### **I.4 - SDAGE ARTOIS-PICARDIE**

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) est le document qui fixe, pour chaque bassin hydrographique, les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau. Il prend en compte les principaux programmes arrêtés par les collectivités publiques et définit de manière générale et harmonisée les objectifs de quantité et de qualité des milieux aquatiques ainsi que les aménagements à réaliser pour les atteindre.

Il définit également le périmètre des sous-bassins pour l'élaboration des Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE).

Le SDAGE Artois-Picardie 2010-2015 est remplacé par le SDAGE 2016-2021, adopté le 16 octobre 2015 et arrêté par le Préfet Coordonnateur du bassin le 23 novembre 2015.

Le SDAGE 2016-2021 décline 5 enjeux en orientations listées en page ci-contre. Celles qui concernent en particulier le projet sont surlignées en vert.

Le projet ne détruit aucune zone humide, ne favorise pas les risques d'inondation ou de ruissellement, n'engendre aucun impact notable sur les nappes et masses d'eau du territoire et ne se situe pas en zone inondable.

Le projet est donc compatible avec le SDAGE Artois-Picardie.

### **I.5 - SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX DE L'ESCAUT**

Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de l'Escaut est en cours d'élaboration.

Ses enjeux sont les suivants :

- Lutte contre les inondations et l'érosion
- Protection de la ressource
- Lutte contre la pollution
- Préservation des milieux humides
- Relation transfrontalière

Le projet est compatible avec les enjeux déclinés dans ce SAGE.

<b>ENJEU A</b>	<b>Maintenir et améliorer la biodiversité des milieux aquatiques</b>
Orientation A1	Continuer la réduction des apports ponctuels de matières polluantes classiques dans les milieux
Orientation A2	Maîtriser les rejets par temps de pluie en milieu urbanisé par des voies alternatives (maîtrise de la collecte et des rejets) et préventives (règles d'urbanisme notamment pour les constructions nouvelles)
Orientation A3	Diminuer la pression polluante par les nitrates d'origine agricole sur tout le territoire
Orientation A4	Adopter une gestion des sols et de l'espace agricole permettant de limiter les risques de ruissellement, d'érosion, et de transfert des polluants vers les cours d'eau, les eaux souterraines et la mer
Orientation A5	Préserver et restaurer la fonctionnalité des milieux aquatiques dans le cadre d'une gestion concertée
Orientation A6	Assurer la continuité écologique et sédimentaire
Orientation A7	Préserver et restaurer la fonctionnalité écologique et la biodiversité
Orientation A8	Réduire l'incidence de l'extraction des matériaux de carrière
Orientation A9	Stopper la disparition, la dégradation des zones humides à l'échelle du bassin Artois Picardie et préserver, maintenir et protéger leur fonctionnalité
Orientation A10	Poursuivre l'identification, la connaissance et le suivi des pollutions par les micropolluants nécessaires à la mise en oeuvre d'actions opérationnelles
Orientation A11	Promouvoir les actions, à la source de réduction ou de suppression des rejets de micropolluants
Orientation A12	Améliorer les connaissances sur l'impact des sites pollués
<b>ENJEU B</b>	<b>Garantir une eau potable en qualité et en quantité satisfaisante</b>
Orientation B1	Poursuivre la reconquête de la qualité des captages et préserver la ressource en eau dans les zones à enjeu eau potable définies dans le SDAGE
Orientation B2	Anticiper et prévenir les situations de crise par la gestion équilibrée des ressources en eau
Orientation B3	Inciter aux économies d'eau
Orientation B4	Anticiper et assurer une gestion de crise efficace, en prévision, ou lors des étiages sévères
Orientation B5	Rechercher et réparer les fuites dans les réseaux d'eau potable
Orientation B6	Rechercher au niveau international, une gestion équilibrée des aquifères

<b>ENJEU C</b>	<b>S'appuyer sur le fonctionnement naturel des milieux pour prévenir et limiter les effets négatifs des inondations</b>
Orientation C1	Limiter les dommages liés aux inondations
Orientation C2	Limiter le ruissellement en zones urbaines et en zones rurales pour réduire les risques d'inondation et les risques d'érosion des sols et coulées de boues
Orientation C3	Privilégier le fonctionnement naturel des bassins versants
Orientation C4	Préserver et restaurer la dynamique naturelle des cours d'eau
<b>ENJEU D</b>	<b>Protéger le milieu marin</b>
Orientation D1	Réaliser ou réviser les profils pour définir la vulnérabilité des milieux dans les zones protégées baignade et conchyliculture mentionnées dans le registre des zones protégées (document d'accompagnement numéro 1)
Orientation D2	Limiter les risques microbiologiques en zone littorale ou en zone d'influence des bassins versants définie dans le cadre des profils de vulnérabilité pour la baignade et la conchyliculture
Orientation D3	Respecter le fonctionnement dynamique du littoral dans la gestion du trait de côte
Orientation D4	Intensifier la lutte contre la pollution issue des installations portuaires et des bateaux
Orientation D5	Prendre des mesures pour lutter contre l'eutrophisation en milieu marin
Orientation D6	Préserver les milieux littoraux particuliers indispensables à l'équilibre des écosystèmes avec une forte ambition de protection au regard des pressions d'aménagement
Orientation D7	Assurer une gestion durable des sédiments dans le cadre des opérations de curage ou de dragage
<b>ENJEU E</b>	<b>Mettre en oeuvre des politiques publiques cohérentes avec le domaine de l'eau</b>
Orientation E1	Renforcer le rôle des Commissions Locales de l'Eau (CLE) des SAGE
Orientation E2	Permettre une meilleure organisation des moyens et des acteurs en vue d'atteindre les objectifs du SDAGE. L'autorité administrative favorise l'émergence de maîtres d'ouvrages pour les opérations les plus souvent « orphelines »
Orientation E3	Former, informer et sensibiliser
Orientation E4	Adapter, développer et rationaliser la connaissance
Orientation E5	Tenir compte du contexte économique dans l'atteinte des objectifs



## I.6 - SCHÉMA RÉGIONAL CLIMAT AIR ÉNERGIE

Le Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE) du Nord-Pas-de-Calais, validé par arrêté préfectoral le 20 novembre 2012, est décrit au chapitre "A.3 - L'énergie éolienne dans le monde, en Europe et en France", page 3.

Son volet éolien, le Schéma Régional Éolien (SRE), est précisé au chapitre "D.12.1.5.1 - Volet éolien du Schéma Régional Climat Air Énergie", page 120

La compatibilité du projet avec le SRCAE et le SRE est précisée en partie au chapitre "G.1 - Choix du site", page 283.

Le projet s'insère en "zone favorable au développement de l'énergie éolienne", et plus particulièrement dans le pôle de densification n°2 du secteur Cambrésis-Ostrevent.

## I.7 - SCHÉMA RÉGIONAL DE COHÉRENCE ÉCOLOGIQUE

Le Schéma Régional de Cohérence Écologique (SRCE) est un schéma d'aménagement du territoire et de protection de certaines ressources naturelles : biodiversité, réseau écologique, habitats naturels (voir aussi "D.7.2.2 - Trame verte et bleue", page 65).

Dans le Nord-Pas-de-Calais, ce Schéma a été adopté le 16 juillet 2014.

Les éoliennes du projet sont toutes implantées à distance des corridors et des réservoirs du SRCE.

En outre, le projet n'est pas de nature à provoquer une coupure écologique pour la faune terrestre, car l'emprise au sol est négligeable et très ponctuelle.

## I.8 - PLAN DÉPARTEMENTAL D'ÉLIMINATION DES DÉCHETS MÉNAGERS ET ASSIMILÉS DU NORD, PLAN DE GESTION DES DÉCHETS DU BTP DU NORD-PAS-DE-CALAIS, ET PLAN RÉGIONAL D'ÉLIMINATION DES DÉCHETS DANGEREUX DU NORD-PAS-DE-CALAIS

Le Plan Départemental d'Élimination des Déchets Ménagers et Assimilés (PDEDMA) du Nord a été approuvé par l'État le 12 novembre 2001, et révisé en 2011.

Il suit notamment les objectifs nationaux arrêtés de la façon suivante :

- réduction de la production d'ordures ménagères et assimilées de 7 % par habitant pendant les 5 prochaines années,
- augmentation du recyclage matière et organique des déchets ménagers et assimilés afin d'orienter vers ces filières un taux de 35 % en 2012 et 45 % en 2015,
- recyclage matière et organique de 75 % des déchets d'emballages ménagers en 2012,
- recyclage matière et organique de 75 % des déchets non dangereux des entreprises (hors BTP, agriculture, industries agro-alimentaires et activités spécifiques) en 2012,
- instauration par les collectivités territoriales compétentes d'une tarification incitative pour le financement de l'élimination des déchets ménagers et assimilés : Intégration dans la REOM ou la TEOM dans un délai de 5 ans, d'une part variable incitative devant prendre en compte la nature et le poids et/ou le volume et/ou le nombre d'enlèvement des déchets.

La mise en oeuvre incombe aux communes ou à leur regroupement qui ont l'obligation légale d'éliminer les déchets.

Le Plan régional de gestion des déchets du BTP vise notamment à :

- Réduire la quantité de déchets et leur nocivité tout en optimisant le tri et le réemploi,
- Canaliser les flux de déchets vers les installations de collecte et de traitement appropriées, notamment celles qui sont identifiées par les plans départementaux de gestion des déchets du B.T.P,
- Favoriser les débouchés des produits recyclés ou des sous produits industriels en privilégiant leur utilisation,
- Privilégier l'emploi de matériaux recyclables ou faisant appel à une ressource renouvelable...

Le Plan Régional d'Élimination des Déchets Dangereux (PREDD) prend en compte, quant à lui, l'ensemble des déchets dits "dangereux". Sont considérés comme dangereux les déchets qui présentent une ou plusieurs des propriétés énumérées en annexe I de l'article R541-8 du code de l'Environnement. Ils peuvent être :

- des déchets dangereux issus de l'industrie, des services, du commerce et de l'artisanat (DDA) ;
- des déchets dangereux du BTP y compris les déchets d'amiante ;
- des déchets dangereux issus de l'activité agricole ;
- des déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI) produits par les établissements de santé, les secteurs libéraux, les patients en auto-traitement et les services vétérinaires ;
- des déchets dangereux, y compris les déchets à risques infectieux, produits par les centres de recherche et les établissements d'enseignement ;
- des déchets dangereux des ménages (DDM)...

Les principales orientations retenues dans le PREDD Nord-Pas-de-Calais sont l'autosuffisance, la proximité, le progrès et l'amélioration de l'environnement, et le développement de la connaissance des déchets.

→ En ce qui concerne le projet objet du présent dossier, il n'est pas de nature à s'opposer aux objectifs fixés par ces plans. Au contraire, les déchets, qu'ils soient issus des opérations de montage (remblais) ou des opérations de maintenance (huile de vidange) sont récupérés et traités. Les huiles sont ainsi confiées à des sociétés spécialisées. 90 % des déchets non dangereux et 75 % des déchets dangereux issus des opérations de maintenance sont recyclés.

## **I.9 - ARTICULATION AVEC LE SCHÉMA INTERDÉPARTEMENTAL DES CARRIÈRES DU NORD-PAS-DE-CALAIS**

Le schéma régional des carrières "définit les conditions générales d'implantation des carrières et les orientations relatives à la logistique nécessaire à la gestion durable des granulats, des matériaux et des substances de carrières dans la région. Il prend en compte l'intérêt économique national et régional, les ressources, y compris marines et issues du recyclage, ainsi que les besoins en matériaux dans et hors de la région, la protection des paysages, des sites et des milieux naturels sensibles, la préservation de la ressource en eau, la nécessité d'une gestion équilibrée et partagée de l'espace, l'existence de modes de transport écologiques, tout en favorisant les approvisionnements de proximité, une utilisation rationnelle et économe des ressources et le recyclage. Il identifie les gisements potentiellement exploitables d'intérêt national ou régional et recense les carrières existantes. Il fixe les objectifs à atteindre en matière de limitation et de suivi des impacts et les orientations de remise en état et de réaménagement des sites" (art. L.515-3 du Code de l'Environnement).

Le Schéma interdépartemental des carrières du Nord-Pas-de-Calais a été approuvé par arrêté préfectoral le 7 décembre 2015.

Le projet éolien objet du présent dossier n'impacte aucune carrière en activité. Il est peu de nature à entraver les possibilités futures d'exploitations des matériaux exploitables sur cette partie du territoire régional (limons essentiellement).

## **I.10 - CONTRAT DE PLAN ÉTAT-RÉGION 2015-2020**

Le CPER est un contrat pluri-annuel passé entre l'État et ses agences et les régions, qui définit les objectifs à moyen terme pour le développement régional.

Les CPER ont vocation à financer les projets exerçant un effet de levier et de convergence de financement pour l'investissement local et des projets structurants pour les territoires.

Le CPER 2015-2020 du Nord-Pas-de-Calais a été signé le 10 juillet 2015.

L'un des 5 volets essentiels "pour investir dans l'avenir" définis dans le CPER régional concerne "la transition écologique et énergétique". L'énergie éolienne s'inscrit tout à fait dans ce volet.

## **I.11 - SCHÉMA RÉGIONAL D'AMÉNAGEMENT ET DE DÉVELOPPEMENT DURABLE DU TERRITOIRE**

Le Schéma Régional d'Aménagement et de Développement Durable du Territoire (SRADDT) est défini par la Loi d'Orientation et de Développement Durable du Territoire du 25 juin 1999.

Le SRADDT fixe les orientations fondamentales à moyen terme, de développement durable du territoire régional. Il veille à la cohérence des projets d'équipement avec la politique de l'État et des différentes collectivités territoriales (dès lors que ces politiques ont une incidence sur l'aménagement et la cohésion du territoire régional).

Le SRADDT du Nord-Pas-de-Calais est adopté en novembre 2006 mais reste évolutif. Sa version actualisée le 26 septembre 2013 met en avant les enjeux suivants :

- Faire de la connaissance un bien partagé,
- Valoriser l'ouverture de la région au monde,
- Conforter les dynamiques territoriales au service du développement régional,
- Promouvoir le bien être et le mieux vivre ensemble
- Engager la région dans la transition écologique
- Mobiliser les ressorts de la citoyenneté et les pratiques inter-territoriales.

Le Schéma s'articule autour de cinq volets : transports et mobilités, climat, biodiversité Trame verte et bleue, économie emploi et formation, et enseignement, supérieur et recherche.

Le projet éolien, à son échelle, répond aux problématiques de transition écologique, notamment aux priorités :

- oeuvrer pour une politique ambitieuse de lutte contre le changement climatique qui soit aussi une opportunité de développement,
- faire de la gestion raisonnée des espaces et du foncier un vecteur de la transition écologique (l'emprise au sol d'une éolienne étant très limitée),
- dans une moindre mesure, notons aussi l'aspect économique : la maintenance des éoliennes crée des emplois localement.

Le projet peut donc être considéré comme un vecteur favorable aux objectifs du SRADDT.

# J - IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES POTENTIELS DE DANGERS

## J.1 - MÉTHODE D'ANALYSE UTILISÉE POUR IDENTIFIER ET CARACTÉRISER LES POTENTIELS DE DANGERS

Cette étude s'appuie notamment sur le guide technique de l'INERIS (*Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens* - Mai 2012).

Les objectifs de l'identification des dangers ou potentiels de dangers sont :

- recenser et caractériser les dangers d'une installation,
- localiser les éléments porteurs de dangers sur un schéma d'implantation de l'installation,
- identifier les Événements Redoutés potentiels (ER), étudiés lors de l'Analyse Préliminaire des Risques (APR).

La méthodologie utilisée pour identifier et caractériser les potentiels de dangers repose sur une analyse aussi exhaustive que possible des 4 catégories d'éléments porteurs de dangers, à savoir :

- les produits pouvant être présents à l'intérieur de l'installation,
- les procédés,
- les utilités en cas de perte,
- les événements externes aux procédés, d'origine naturelle et non naturelle.

Cette étude de dangers est réalisée sur la base du modèle d'éolienne retenu, la E 101, de 150 m de haut, de 101 m de diamètre de rotor, et un moyeu à 99 m (voir aussi "B.2.3 - Description détaillée du projet et des éoliennes utilisées", page 14).

## J.2 - POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PRODUITS

La production d'énergie électrique par les éoliennes ne consomme pas de matière première.

Le bon fonctionnement des éoliennes impose toutefois la présence d'huiles de lubrification dans les machines et l'utilisation d'autres produits chimiques lors de la maintenance. On note parmi les principaux éléments chimiques présents (voir le tableau en page suivante) :

- le liquide de refroidissement (eau glycolée),
- les huiles pour le système hydraulique,
- les graisses pour la lubrification des roulements,
- l'huile isolante pour le transformateur.

Notons que les éoliennes Enercon, à entraînement direct, ne requièrent pas d'huiles de lubrification pour une boîte de vitesse.

Les huiles, les graisses et l'eau glycolée ne sont pas des produits inflammables. Les huiles et les graisses sont néanmoins des produits combustibles qui, sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud intense, peuvent développer et entretenir un incendie. Ces produits sont ainsi impliqués dans les incendies d'éoliennes.

Les huiles et graisses, même si elles ne sont pas classées comme dangereuses pour l'environnement, peuvent en cas de déversement au sol ou dans les eaux entraîner une pollution du milieu.

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 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.

Certains de ces produits de maintenance peuvent être inflammables. Cependant, conformément à l'article 16. de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations d'éoliennes soumises à autorisation, aucun produit inflammable ou combustible n'est stocké dans les aérogénérateurs ou les postes de livraison, ils ne sont amenés dans l'éolienne que pour les interventions et le surplus est repris en fin d'opération.

Le tableau de la page suivante synthétise les dangers liés aux produits présents dans les machines à partir de la fiche de données de sécurité<sup>1</sup> de chacun d'entre-eux. Ces dangers dépendent de 3 facteurs :

- la nature du produit lui-même et ses caractéristiques dangereuses (traduites par sa classification au sens de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié),
- la quantité de produit stockée ou utilisée,
- les conditions de stockage ou de mise en œuvre.

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

### • Risque de feu de flaque / feu de nappe

Lorsque de l'huile se répand sur le sol ou sur une surface, il forme une nappe qui s'évapore plus ou moins vite selon les caractéristiques du milieu sur lequel elle s'étend.

Étant donné le point éclair élevé de ces huiles, elles s'enflamment difficilement. Cependant, un feu de nappe ou un feu de flaque ne peut être écarté.

<sup>1</sup> : Ce formulaire contient des données relatives aux propriétés d'une substance chimique. La conception des FDS est régie par le règlement européen REACH1 (n°1907/2006).

*Dangers liés aux produits présents dans les machines*

Produits	Fonction	Quantités maximales stockées ou utilisées	Principaux dangers	Indications particulières	Point éclair (°C)	Code déchet
MOBILGEAR OGL 461 (graisse lubrifiante)	Graissage des roues dentées	faible (non défini précisément)	Irritant (X)	R38 - Irritant pour la peau, Risque de lésions oculaires graves R41 - Incompatibilités : éviter le contact avec les oxydants forts comme le chlore liquide et l'oxygène concentré	> 204 °C	13 02 05
MOBILGEAR SHC 460	Transmission d'orientation	24 litres	-	-	240 °C	13 02 06
	Arbre de renvoi	6 litres				
MOBILITH SHC 460	Graissage du palier d'orientation (à roulements, distributeur automatique de graisse)	faible (non défini précisément)	-	-	204 °C	
MOBILTAC 81	Graissage du palier à roulements	faible (non défini précisément)	-	-	> 204 °C	
RENOLIN PG 220 (lubrifiant)	Frein hydraulique	5 litres	Dangereux pour l'environnement (N)	R52 - Nocif pour les organismes aquatiques R53 - Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique	240 °C	
RENOLIN PG 46						
RENOLIN UNISYN CLP 220 (lubrifiant)	Huile d'engrenage,	15 litres	Dangereux pour l'environnement (N)	R53 - Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique	260 °C	
	Transmissions d'orientation					
	Arbre de renvoi					
Klüberplex BEM 41-141 (Graisse)	Graissage des roues dentées	faible (non défini précisément)	-	-	> 250 °C	12 01 12
	Graissage du palier d'orientation					
	Graissage du palier à roulements (distributeur automatique de graisse)					
Shell Diala D getr (huile isolante)	Transformateur	1800 litres	-	-	145 °C	

Source : Fiches de données de sécurité. 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.

## J.3 - POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PROCÉDÉS

Les tableaux suivants synthétisent les dangers liés aux procédés, tant en conditions nominales que pendant les phases transitoires (mise en service, maintenance...).

Pour rappel, l'étude porte sur les installations durant leur phase d'exploitation (excluant les phases de construction, transport, maintenance lourde...).

### J.3.1 - POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX CONDITIONS D'EXPLOITATION

Les potentiels de dangers liés aux conditions d'exploitation sont identifiés dans le tableau suivant.

Équipement / Installation	Phase opératoire	Principaux phénomènes dangereux associés
Mât : • Tour • Équipements électriques situés dans le mât	Éolienne en fonctionnement Éolienne en phase d'arrêt Éolienne à l'arrêt	Chute du mât Pliage du mât Incendie en pied de mât
Nacelle : • Présence d'huiles et graisses • Équipements électriques et mécaniques	Éolienne en fonctionnement Éolienne en phase d'arrêt Éolienne à l'arrêt	Chute de la nacelle Incendie de la nacelle
Pales / rotor	Éolienne à l'arrêt	Chute de pales / fragments de pale Chute de blocs de glace Incendie au niveau des pales
Pales / rotor	Éolienne en fonctionnement Éolienne en phase d'arrêt	Projection de pales / fragments de pale Projection de blocs de glace Incendie au niveau des pales / projection de débris enflammés
Fondations	Éolienne en fonctionnement Éolienne en phase d'arrêt Éolienne à l'arrêt	Chute du mât
Câbles enterrés	Éolienne en fonctionnement Éolienne en phase d'arrêt Éolienne à l'arrêt	Électrocution
Poste de livraison	Éolienne en fonctionnement Éolienne en phase d'arrêt Éolienne à l'arrêt	Incendie du poste

### J.3.2 - POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PERTES D'UTILITÉS

Les répercussions sur le site des défaillances de servitudes communes sont examinées dans le tableau suivant.

Les scénarios d'accidents associés aux pertes d'utilités sont ensuite décrits au niveau de l'Analyse Préliminaire des Risques.

Utilité	Fonction	Type de défaillance	Événement redouté
Électricité	Alimentation des équipements d'exploitation	Perte totale de l'alimentation électrique	Perte d'exploitation
	Alimentation des équipements de sécurité	Perte totale de l'alimentation électrique	Perte des fonctions de sécurité
Systèmes informatiques	Contrôle des équipements	Perte des systèmes informatiques	Non-fonctionnement d'équipements d'exploitation
			Dysfonctionnements latents d'équipements de sécurité
	Transmission des données	Perte du système SCADA (Supervisory control data and acquisition)	Perte du transfert des informations et défauts

## J.4 - POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX ÉVÉNEMENTS EXTERNES AUX PROCÉDÉS

Potentiel de dangers	Description des dangers
Conditions climatiques exceptionnelles	<p>Température</p> <p>Les températures peuvent altérer, de façon temporaire ou définitive, le fonctionnement du matériel en modifiant les propriétés physiques ou les dimensions des matériaux qui le composent.</p> <p>L'environnement est généralement soumis à des cycles de température. Ils accroissent souvent les effets des variations de température et peuvent conduire à une fatigue mécanique précoce. L'application rapide de contraintes, de chocs thermiques, risque de rendre cassants certains matériaux et de provoquer une rupture pour une contrainte de fatigue nettement inférieure à celle qui serait nécessaire dans les conditions stables.</p> <p>Les défauts de fonctionnement, le plus fréquemment, rencontrés sur les installations sont les dysfonctionnements de composants électroniques dus à des décompositions et des ruptures de diélectriques, provoquées par de trop hautes températures.</p> <p>La combinaison de températures froides avec un taux d'humidité élevé peut conduire à la formation de glaces sur les pales des éoliennes. Dans ces conditions climatiques extrêmes ("icing conditions"), des gouttes d'eau surfondues heurtent les pales froides et gèlent. Des blocs de glace peuvent alors se former sur les pales de l'éolienne et être projetés sous l'effet du vent ou de la rotation des pales.</p>
	<p>Pluie</p> <p>Les précipitations sont l'une des sources d'humidité qui constituent un facteur essentiel dans la plupart des types de corrosion. L'impact des gouttes de pluie risque d'engendrer une érosion de nombreux matériaux et de revêtements de protection.</p> <p>À l'extérieur, les pales du rotor sont protégées des intempéries par un revêtement de surface. Ce revêtement à base de polyuréthane est robuste et très résistant.</p> <p>De fortes précipitations peuvent conduire à une inondation ayant pour conséquence la dégradation des installations et une éventuelle chute du mât des éoliennes. Ce risque est limité dans le secteur.</p>
	<p>Neige et glace</p> <p>La neige est une précipitation de cristaux de glace. Son accumulation sur des surfaces horizontales occasionne des charges importantes. Les défauts les plus souvent rencontrés sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• rupture des structures, due à une charge trop importante,</li> <li>• courts-circuits par dépôts de neige,</li> <li>• perte de visibilité des pales.</li> </ul> <p>Par les surcharges qu'il apporte aux toitures, l'enneigement peut provoquer leur effondrement si elles ne sont pas suffisamment dimensionnées.</p> <p>En raison de la forme aérodynamique de la nacelle, le risque d'accumulation de neige est limité.</p> <p>Risque d'accumulation de neige sur les pales.</p>

Potentiel de dangers	Description des dangers
Conditions climatiques exceptionnelles	<p>Vents violents</p> <p>Les vents violents peuvent être la cause de détériorations de structures, de chute / pliage de mât, de survitesse des pales et de projection de pales.</p> <p>Les vents violents sont pris en compte dans le dimensionnement des éoliennes. Les cas de charge sont décrits dans la norme IEC 61400. Cette dernière intitulée "Exigence pour la conception des aérogénérateurs" fixe les prescriptions propres à fournir "un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie" de l'éolienne.</p>
	<p>Foudre</p> <p>La foudre est un phénomène électrique de très courte durée, véhiculant des courants de forte intensité, 20 kA en moyenne avec des maxima de l'ordre de 100 kA, se propageant avec des fronts de montée extrêmement raides entre deux masses nuageuses ou entre une masse nuageuse et le sol.</p> <p>Les dangers liés à la foudre sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les effets thermiques pouvant être à l'origine : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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,</li> <li>- de dommages aux structures et construction,</li> </ul> </li> <li>• les perturbations électromagnétiques qui entraînent la formation de courants induits pouvant endommager les équipements électroniques, en particulier les équipements de contrôle commande et / ou de sécurité,</li> <li>• les effets électriques pouvant induire des différences de potentiel.</li> </ul> <p>Par leur taille, les éoliennes sont particulièrement vulnérables au risque foudre. L'éolienne est équipée d'un système parafoudre fiable afin d'éviter que l'éolienne ne subisse de dégâts. Les éoliennes doivent également répondre aux exigences de l'arrêté du 15 janvier 2008 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Article 1, deuxième alinéa : "En outre, les dispositions du présent arrêté peuvent être rendues applicables par le préfet aux installations classées soumises à autorisation non visées par l'annexe du présent arrêté dès lors qu'une agression par la foudre sur certaines installations classées pourrait être à l'origine d'événements susceptibles de porter atteinte, directement ou indirectement, aux intérêts visés à l'article L.511-1 du Code de l'Environnement."</li> <li>• L'article 3 de cet arrêté précise que la définition des mesures de prévention et des dispositifs de protection doit être réalisée dans une étude technique, distincte de l'Analyse du Risque Foudre, qui définira également les modalités de leur vérification et de leur maintenance.</li> </ul> <p>Le secteur étudié présente une exposition faible au risque foudre avec une densité de foudroiement de l'ordre de 0,5 impact par an par km<sup>2</sup>.</p>

Potentiel de dangers	Description des dangers
Mouvements de terrain Séisme	<p>Les séismes sont caractérisés par deux grandeurs : la magnitude et l'intensité :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La magnitude est une mesure de la puissance du séisme (échelle de Richter) : l'énergie est multipliée par 30 quand la magnitude croît de 1.</li> <li>• L'intensité macrosismique permet de caractériser les effets destructeurs observés des séismes. C'est une quantité empirique, basée sur des observations. C'est la seule quantité qui puisse être utilisée pour décrire l'importance des séismes historiques qui ont eu lieu avant l'ère instrumentale, c'est-à-dire avant les premiers réseaux d'observation sismologique du début du siècle.</li> </ul> <p>La prévention du risque sismique est notamment régie par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• le Code de l'Environnement, au travers des articles R563-1 à R563-8 relatifs à la prévention du risque sismique,</li> <li>• l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite "à risque normal",</li> <li>• le décret n°2010-1255 du 22/10/10 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français</li> <li>• le décret n°2010-1254 du 22/10/10 relatif à la prévention du risque sismique</li> <li>• la circulaire n°2000-77 du 31/10/00 relative au contrôle technique des constructions pour la prévention du risque sismique</li> <li>• l'arrêté du 10 mai 1993 fixant les règles parasismiques applicables aux installations soumises à la législation sur les installations classées</li> <li>• la circulaire DPPR/SEI du 27 mai 1994 relative à l'arrêté du 10 mai 1993 fixant les règles parasismiques applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement.</li> </ul> <p>Les articles R563-1 à 8 et D563-8-1 du Code de l'Environnement définissent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• le risque "normal",</li> <li>• le risque "spécial",</li> <li>• les Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles,</li> </ul> <p>Pour l'application des mesures de prévention du risque sismique aux bâtiments, équipements et installations de la classe dite "à risque normal", le territoire national est divisé en cinq zones de sismicité croissante :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de sismicité 1 (très faible),</li> <li>• Zone de sismicité 2 (faible),</li> <li>• Zone de sismicité 3 (modérée),</li> <li>• Zone de sismicité 4 (moyenne),</li> <li>• Zone de sismicité 5 (forte).</li> </ul> <p>Rappelons que le projet est localisé dans une zone de sismicité 3. L'application des règles constructives Eurocode 8 y est obligatoire pour le poste de livraison.</p> <p>En outre, la présence d'une grande partie de la masse en haut de la tour rend les éoliennes particulièrement vulnérables aux séismes. Un séisme pourrait conduire à la chute du mât. Les éoliennes doivent être dimensionnées conformément à la réglementation française en vigueur.</p>

Potentiel de dangers	Description des dangers	
Mouvements de terrain Mouvement de terrain hors séisme	<p>Un mouvement de terrain pourrait être à l'origine d'une chute d'éolienne.</p> <p>Le risque de mouvement de terrain hors séisme doit faire l'objet d'une étude géotechnique. Son but est de garantir un bon dimensionnement des installations en fonction de la géologie du site d'implantation, ceci afin d'écartier le risque de mouvement de terrain hors séisme.</p>	
Proximité de la mer le projet est situé à plus de 130 km de la mer	Atmosphère saline	<p>L'atmosphère en bordure de mer peut conduire à une détérioration accélérée d'équipements ou d'ouvrages à cause des phénomènes de corrosion, accentués par le taux de salinité de l'air qui est souvent plus élevé qu'à l'intérieur des terres.</p> <p>Cette source de dangers est prise en compte dans la conception des éoliennes, principalement par un choix de matériaux adaptés à l'environnement dans lequel ils se trouveront.</p>
	Marées, vagues	<p>Des marées ou des vagues de forte amplitude génèrent un risque de submersion des installations. Les dangers liés à ces événements de nature exceptionnelle sont l'endommagement des installations et la chute d'éolienne.</p>
	Tsunami	<p>Un tsunami est une onde provoquée par un mouvement rapide d'un grand volume d'eau. Ce mouvement est en général dû à un séisme, une éruption volcanique sous-marine de type explosive ou bien un glissement sous-marin de grande ampleur.</p> <p>L'onde générée se propage ensuite : ce phénomène ondulatoire est caractérisé par une grande longueur d'onde (plusieurs centaines de kilomètres) et une grande période (de l'ordre de plusieurs dizaines de minutes). L'onde associée au tsunami est en général à peine perceptible en haute-mer en raison de sa faible amplitude (généralement inférieure à 1 m). En revanche, lorsque l'onde parvient à des zones de hauts fonds, son amplitude augmente : les vagues résultantes peuvent ainsi atteindre plusieurs mètres et pénétrer à l'intérieur des terres.</p> <p>La partie du littoral français principalement concernée par le risque de tsunamis est la côte méditerranéenne : l'activité tectonique méditerranéenne est en effet la plus susceptible de générer des tsunamis. D'ailleurs, les études menées par les autorités françaises sur le risque de tsunamis concernent essentiellement ce littoral méditerranéen.</p>
Incendie de végétation	<p>Un incendie de la végétation présente dans le site et aux alentours serait susceptible de se propager aux installations. Rappelons que les éoliennes sont situées dans les champs, où le risque d'incendie est faible.</p>	



Potentiel de dangers	Description des dangers
Dangers externes d'origine non naturelle	<p>Activités industrielles voisines</p> <p>Un accident sur les installations industrielles voisines (incendie, explosion, projection) pourrait être à l'origine de dégradations des éoliennes.</p> <p>Des projections ou des surpressions peuvent impacter une éolienne et causer des dégradations majeures (chute du mât, rupture de pales ou de fragments de pales). Des effets thermiques peuvent également endommager significativement les installations.</p> <p>Hormis des éoliennes autorisées non encore construites, on trouve une ICPE installation classée (ICPE) soumise à autorisation ou enregistrement à moins de 2 km du projet, un établissement assurant l'incinération de cadavres d'animaux.</p>
	<p>Activités humaines</p> <p>Parachute, parapente,... Un choc sur les pales des éoliennes pourrait causer un endommagement de ces dernières.</p>
	<p>Réseau de canalisations de gaz / autres produits</p> <p>Un accident sur les canalisations de transport de fluides inflammables peut conduire à des phénomènes dangereux de type explosion, incendie (feu torche, feu de nappe). Par effet domino, les éoliennes peuvent être significativement endommagées.</p> <p>Notons essentiellement que le parc éolien du projet est traversé par une canalisation de transport de gaz.</p>
	<p>Voies de communication : voies ferroviaires, routières et transport maritime</p> <p>Un accident routier / ferroviaire / maritime peut aggraver les installations en raison d'un impact ou choc de véhicule sur le mât d'une éolienne et d'un accident sur des camions / wagons de matières dangereuses (incendie, explosion,...).</p> <p>Les axes routiers proches des éoliennes du projet sont peu fréquentés.</p> <p>Transport aérien : Sous réserve que les éoliennes soient implantées à une distance supérieure à 2 km des aérodromes, le site n'est pas considéré comme se trouvant dans la zone de proximité d'un aérodrome, selon la lettre au Préfet de la Sarthe du 5 février 2007 (relative à la prise en compte de l'événement initiateur "chute d'avion" dans les Études de Dangers et dans la Maîtrise de l'Urbanisation et définition de la zone de proximité d'un aéroport).</p> <p>Par conséquent, selon l'Annexe IV de l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs, l'événement initiateur "chute d'aéronef" n'a pas à être pris en compte dans l'analyse des risques.</p>

Potentiel de dangers	Description des dangers
Dangers externes d'origine naturelle	<p>Réseau électrique</p> <p>Une perte du réseau électrique est étudiée au chapitre "J.7 - Analyse préliminaire des risques", page 328.</p>
	<p>Malveillance</p> <p>Les installations peuvent faire l'objet de tentatives éventuelles d'intrusions ou d'actes de malveillance : vols (cuivre), sabotage, etc., pouvant provoquer des incidents mineurs sur les installations (porte dégradée,...) et des risques d'électrocution.</p> <p>Conformément à l'Annexe IV de l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs, les actes de malveillance ne sont pas considérées comme événements initiateurs potentiels dans l'analyse des risques présentée au chapitre "J.7 - Analyse préliminaire des risques".</p>
Maintenance et extension du parc éolien	<p>Les activités d'extension du parc éolien ou de maintenance lourde peuvent être à l'origine de dommages sur les installations existantes en raison notamment de la présence de grues et de véhicules de maintenance.</p> <p>Ces activités sont considérées comme des événements initiateurs potentiels dans l'analyse des risques présentée au chapitre "J.7 - Analyse préliminaire des risques".</p>

## J.5 - RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS

L'étude de la réduction des potentiels de dangers vise à analyser les possibilités de :

- Suppression des procédés et des produits dangereux, c'est-à-dire des éléments porteurs de dangers,
- Remplacement de ceux-ci par des procédés et des produits présentant un danger moindre,
- Réduction des quantités de produits dangereux mises en œuvre sur le site.

### **J.5.1 - RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS PAR LE CHOIX D'IMPLANTATION**

Lors du choix de l'emplacement des éoliennes, plusieurs enjeux ont été pris en compte afin de limiter les risques :

- respect d'une distance minimale de 500 m par rapport aux zones urbanisées et urbanisables,
- éloignement de plus de 150 m des routes départementales,
- éloignement de plus de 1800 m des canalisations de gaz,
- éloignement de plus de 1500 m des lignes électriques haute tension.

### **J.5.2 - SUPPRESSION ET RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PRODUITS**

Les produits présents dans l'éolienne ne peuvent pas être supprimés car ils sont nécessaires au bon fonctionnement du procédé (lubrification). De plus, ils ne présentent pas de caractère dangereux marqué et les quantités mises en œuvre sont adaptées aux volumes des équipements. Les produits de maintenance (peinture, mastic...) signalés comme "dangereux" sont utilisés beaucoup plus ponctuellement que les graisses et huiles, ils ne peuvent pas non plus être éliminés.

Les éoliennes sont équipées de nombreux détecteurs de niveau d'huile (système hydraulique, générateur...) permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.

Les éoliennes Enercon ne possèdent pas de système d'engrenage principal : le rotor est directement couplé à un générateur annulaire. La vitesse de rotation n'a pas besoin d'être échelonnée. Par conséquent, la quantité d'huile d'engrenage habituellement disponible sur les éoliennes classiques (> 200 litres) n'est pas nécessaire.

En cas de fuite, les véhicules de maintenance sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent :

- 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, le maintenancier se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates.

Il n'existe pas à ce jour de Meilleures Techniques Disponibles (MTD) publiées pour les éoliennes, en revanche une norme internationale existe, CEI 61400-1. Ces prescriptions concernent la conception, la fabrication, l'installation et la maintenance de l'éolienne. Elles sont prises en compte par les constructeurs pour leurs éoliennes.

## J.6 - ANALYSE DE L'ACCIDENTOLOGIE

Jusqu'à une période récente, il n'existait 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...). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détail de l'information. Ces données bibliographiques sont aujourd'hui complétées par la consultation du BARPI.

Précisons que l'objectif de l'analyse de l'accidentologie n'est pas de dresser une liste exhaustive de tous les accidents ou incidents survenus, ni d'en tirer des données statistiques. Il s'agit, avant tout, de rechercher les types de sinistres les plus fréquents, leurs causes et leurs effets, ainsi que les mesures prises pour limiter leur occurrence ou leurs conséquences.

### J.6.1 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

#### J.6.1.1 - Bases de données consultées

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer le recensement des accidents et incidents au niveau français (INERIS - *Guide pour l'élaboration de l'étude de dangers des parcs éoliens*). Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de la presse locale ou de base 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<sup>1</sup>,
- Communiqués de presse du SER-FEE et / ou des exploitants éoliens,
- Site Internet de l'association "Vent de Colère",
- Site Internet de l'association "Fédération Environnement Durable",
- Articles de presse divers,
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

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

Le groupe de travail composé du Syndicat des énergies renouvelables et de l'INERIS a élaboré une base de données qui apparaît aujourd'hui 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.

<sup>1</sup> : La base ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles – Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire) recense et analyse les accidents et incidents, survenus en France, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1992 (date de création du BARPI). Les événements les plus graves qui ont pu se produire avant 1992 sont également répertoriés (6 % des accidents français ou étrangers recensés dans ARIA sont antérieurs à 1988).

#### J.6.1.2 - Inventaire

Sur la période 2000 - début 2012, un total de 40 incidents ont été recensés par l'Ineris en France. À ce recensement, nous avons ajouté les derniers événements connus jusqu'en 2016 (tableau en page suivante). Il en ressort que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques.

Le graphique suivant (Figure 106) montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs.

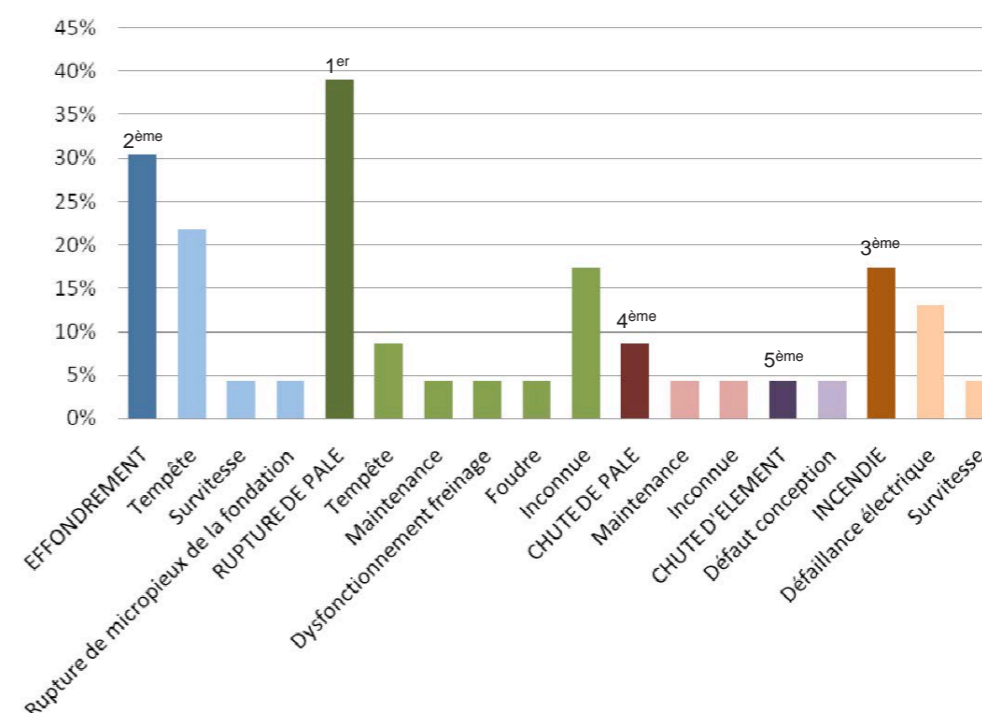


Figure 106 : Répartition des événements accidentels (en majuscule et couleur foncées) et de leurs causes premières (en minuscule et couleur claires) sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont :

- 1. les ruptures (projection) de pale,
- 2. les effondrements,
- 3. les incendies,
- 4. les chutes de pale,
- 5. les chutes des autres éléments de l'éolienne.

Les tempêtes sont la principale cause de ces accidents. Le détail des événements répertoriés est présenté dans le tableau ci-après.

Date et lieu	Référence	Détail de l'accident	Projection / chute de pales	Chute / pliage du mât	Chute nacelle / rotor	Incendie	Projection de glace	Dégât sur les pales	Autre	Cause(s)
11/2000 11 - PORT LA NOUVELLE	SER - FEE	Le mât d'une éolienne (Vestas V39) mise en service en 1993 s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête).		X						Tempête avec foudre répétée.
2001 11 - SALLELES-LIMOUSIS	SER - FEE	Bris de pales en bois (avec inserts) d'une éolienne (Windmaster WM43/750) installée en 1998.	X							Non connues.
01/02/2002 59 - WORMHOUT	SER - FEE	Bris d'hélice et mât plié (Turbowinds T400-34, mise en service en 1997).	X	X						Tempête.
01/07/2002 11 - PORT LA NOUVELLE	SER - FEE	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien sur un parc (éolienne : Gamesa G47) datant de 2000 (ne concerne pas directement l'étude de dangers).							X	Lors de mesures pour caractériser la partie haute d'un transformateur 690 V / 20 kV en tension, le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46 m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.
28/12/2002 11 - NEVIAN GRANDE GARRIGUE	SER - FEE	Effondrement d'une éolienne (2002) suite au dysfonctionnement du système de freinage.		X						Tempête + dysfonctionnement du système de freinage.
25/02/2002 11 - SALLELES-LIMOUSIS	SER - FEE	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale (Windmaster WM43/750) montée en 1998.	X							Tempête.
05/11/2003 11 - SALLELES-LIMOUSIS	SER - FEE	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes (Windmaster WM43/750). Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	X							Dysfonctionnement du système de freinage.
01/01/2004 62 - LE PORTEL	BARPI N°26119	Une éolienne haute de 60 m, inaugurée en mai 2002, se brise durant la nuit en entraînant la chute de sa génératrice et des pales du rotor. Les pales de 25 m sont retrouvées sur la plage.	X	X	X					Défaut de serrage des boulons servant à relier 2 tronçons du mât (défaillance d'entretien) et tempête.
20/03/2004 59 - DUNKERQUE	BARPI N°29388	Le vent abat une des 9 éoliennes en service depuis 1996 (Windmaster 300 kW) suite à l'arrachement de la fondation.		X						Rupture de 3 des 4 micro-pieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10).
22/06/2004 et 08/07/2004 29 - PLEYBER CHRIST Site du Télégraphe	SER - FEE	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact (Windmaster WM28/300, mise en service en 2001).	X							Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage).
2004 11 - ESCALES CONILHAC	SER - FEE	Bris de trois pales d'une éolienne (Jeumont J48/750) montée en 2003.	X							Non connues.
22/12/2004 26 - MONTJOYER	BARPI N°29385	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne de 750 kW (Jeumont J48/750) mise en service en 2004 (survitesse de plus de 60 tr/min).	X			X				Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du dispositif de freinage.
2005 59 - WORMHOUT	SER - FEE	Bris de pale (Turbowinds T400-34, mise en service en 1997).	X							Non connues.

Date et lieu	Référence	Détail de l'accident	Projection / chute de pales	Chute / pliage du mât	Chute nacelle / rotor	Incendie	Projection de glace	Dégât sur les pales	Autre	Cause(s)
08/10/2006 29 - PLEYBER CHRIST Site du Télégraphe	SER - FEE	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes d'une éolienne (Windmaster WM28/300) datant de 2004.	X							Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de retour d'expérience suite aux précédents accidents sur le même parc.
18/11/2006 11 - ROQUETAILLADE	SER - FEE	Acte de malveillance : explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes (Gamesa G47). L'une d'entre elles a mis le feu en pied de mât qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.				X				Acte de malveillance / incendie criminel.
03/12/2006 59 - BONDUES	SER - FEE	Sectionnement du mât, puis effondrement d'une éolienne installée en 2005 dans une zone industrielle (Lagerwey LW80-18)		X						Tempête (vents mesurés à 137 km/h).
31/12/2006 43 - ALLY	SER - FEE	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors d'éoliennes mises en service en 2005.	X							Accident faisant suite à une opération de maintenance.
03/2007 50 - CLITOURPS	SER - FEE	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à plus de 200 m de distance dans un champ (Vestas V47/660, mise en service en 2005).	X							Non connues.
11/10/2007 29- PLOUVIEN	SER - FEE	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre) d'une éolienne (Siemens SWT 1.3) montée en 2007.			X					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.
10/03/2008 29 - DINEAULT	BARPI N°34340	Une éolienne (Windmaster WM28/300) installée en 2002 devient incontrôlable. Un arrêté est pris par la municipalité pour établir un large périmètre de sécurité autour de l'installation et interdire les accès piéton et la circulation. L'une des pales de 12,5 m de long a commencé à se plier, risquant de frotter contre le mât.						X		Endommagement du dispositif d'arrêt automatique des pales suite à des coupures de courant dues à des vents de tempête.
04/2008 29 - PLOUGUIN	SER - FEE	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessan-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 (Enercon E66/2000) pour inspection.						X		Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000 mètres imposé pour le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse).
19/07/2008 55 - ERIZE LA BRULEE	SER - FEE	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre (Gamesa G90, installée en 2007).	X							Foudre + défaut de pale.
28/08/2008 80 - VAUVILLERS	SER - FEE	Incendie de la nacelle d'une éolienne (Vestas V80/2000) montée en 2006.				X				Problème au niveau d'éléments électroniques.
26/12/2008 55 - RAIVAL	SER - FEE	Chute de pale (Gamesa G90, mise en service en 2007).	X							Non connues.
26/01/2009 02 - CLASTRES	BARPI N°35814	Deux techniciens sont électrisés et gravement brûlés lors de la maintenance de compteurs électriques implantés au 1 <sup>er</sup> niveau d'une éolienne (Neg-Micon NM92). Les 2 employés portaient leur harnais de sécurité et les compteurs étaient accessibles par un escalier extérieur (ne concerne pas directement l'étude de dangers).							X	Accident électrique (explosion d'un convertisseur).
08/06/2009 84 - BOLLENE	SER - FEE	Bout de pale, d'une éolienne mise en service en 2009, ouvert.						X		Coup de foudre sur la pale.

Date et lieu	Référence	Détail de l'accident	Projection / chute de pales	Chute / pliage du mât	Chute nacelle / rotor	Incendie	Projection de glace	Dégât sur les pales	Autre	Cause(s)
21/10/2009 85 - FROIDFOND	SER - FEE	Incendie de la nacelle d'une éolienne (Gamesa G80/2000) installée en 2006.				X				Probablement un court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle.
30/10/2009 07 - FREYSSENET	BARPI N°37601	Feu au sommet du rotor d'une éolienne (Vestas V80/2000) de 70 m de haut, mise en service en 2005. Le matériel, en fibre de carbone et de verre, fond sous l'effet de la chaleur en dégageant de la fumée et en générant des nuisances olfactives perceptibles de loin. Risque de détachement des pales : le lieu est sécurisé et la circulation interrompue sur la route proche pendant une semaine. Le réseau électrique des 7 éoliennes du parc est coupé, empêchant le fonctionnement des signaux lumineux préventifs pour les aéronefs.				X				Probablement un court-circuit faisant suite à une opération de maintenance.
20/04/2010 59 - TOUFFLERS	Voix du Nord, 20/04/10	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance (ne concerne pas directement l'étude de dangers).							X	Crise cardiaque.
30/05/2010 11 - PORT LA NOUVELLE	SER - FEE	Effondrement d'une éolienne (Vestas V25) installée en 1991.		X						Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.
19/09/2010 26 - MONTJOYER	SER - FEE	Emballement de deux éoliennes (Jeumont J48/750) mises en service en 2004 et incendie des nacelles.				X				Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse d'environ 60 tours par minute.
15/12/2010 44 - POUILLE-LES-COTEAUX	SER - FEE	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. Il a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture et blessure grave (ne concerne pas directement l'étude de dangers).							X	Non connues.
31/05/2011 71 - MESVRES	Article de presse (Le Bien Public, 01/06/11)	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, sur un passage à niveau. Aucun blessé n'est à déplorer (ne concerne pas directement l'étude de dangers).							X	
14/12/2011 FRANCE	Interne exploitant	Pale endommagée par la foudre sur une éolienne mise en service en 2003. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	X							Foudre.
03/01/2012 FRANCE	Interne exploitant	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.				X				Malveillance.
05/01/2012 62 - WIDEHEM	Article de presse (Voix du Nord, 06/01/12)	Des fragments et bris de pale d'une éolienne, mise en service en 2000, ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel en dehors de l'éolienne.	X							Tempête et panne électrique.

Date et lieu	Référence	Détail de l'accident	Projection / chute de pales	Chute / pliage du mât	Chute nacelle / rotor	Incendie	Projection de glace	Dégât sur les pales	Autre	Cause(s)
06/02/2012 02 - LEHAUCOURT	BARPI N°41628	Au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains). Les deux victimes descendent par leurs propres moyens. Les pompiers hospitalisent l'employé le plus gravement atteint et s'assurent qu'il n'y a plus de risque dans la nacelle. Les victimes portaient leurs EPI lors des faits. Un accident similaire s'était produit en 2009 - ARIA N°35814.							X	
11/04/2012 11 - SIGEAN	BARPI N°43841	Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place et l'éolienne est mise en sécurité (pales en drapeau). Au moment de l'accident, la vitesse du vent était de 10 à 12 m/s. L'expertise d'assurance attribue l'accident à un impact de foudre sur l'éolienne. Un an plus tard, celle-ci est toujours arrêtée.	X							
18/05/2012 28 - FRESNAY-L'ÉVÊQUE	BARPI N°42919	Oscillation anormale d'un aérogénérateur de 2 MW installé en 2008, provoquant sa mise à l'arrêt. Une pale (9 tonnes, 46 m) est retrouvée au pied de l'installation (rupture du roulement qui raccordait la pale au hub).	X							Corrosion résultant des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement
30/05/2012 11 - PORT LA NOUVELLE	BARPI N°43110	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. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits.		X						Rafales de vent à 130 km/h
01/11/2012 15 - VIEILLESPESE	BARPI N°43120	Un élément de 400g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs de 2,5 MW mis en service en 2011.	X							
05/11/2012 11 - SIGEAN	BARPI N°43228	Feu sur une éolienne de 660 kW, déclaré en partie basse (transformateur ou armoire basse tension) et propagé à la nacelle via les câbles électriques. Des projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante. 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.				X				Dysfonctionnement transformateur ou armoire basse tension Mauvaise tenue au feu des câbles
06/03/2013 11 - CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE	BARPI N°43576	À la suite d'un défaut de vibration, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Une pale qui a percuté le mât est retrouvée au sol.	X							Défaut de fixation
17/03/2013 51 - EUVY	BARPI N°43630	Feu dans la nacelle d'une éolienne. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols. Au moment du départ de feu, le vent soufflait à 11 m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale.	X			X			X	Possible défaillance électrique

Date et lieu	Référence	Détail de l'accident	Projection / chute de pales	Chute / pliage du mât	Chute nacelle / rotor	Incendie	Projection de glace	Dégât sur les pales	Autre	Cause(s)
01/07/2013 34 - CAMBON-ET-SALVERGUE	BARPI N°44150	Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement. La survenue de l'accident malgré un dispositif d'alerte amène l'exploitant à repenser la procédure d'alimentation de l'accumulateur de gaz dans la configuration exigüe de la nacelle d'éolienne.							X	
03/08/2013 56 - MOREAC	BARPI N°44197	Fuite de 270 l d'huile hydraulique lors d'une intervention de maintenance 80 m² de sol pollué, 25 t de terres sont excavées.							X	Fuite
09/01/2014 08 - ANTHENY	SDIS Ardennes	Feu dans la nacelle d'une éolienne du parc de 5 machines. Mise en place d'un périmètre de 300 m autour du sinistre, mise en sécurité de la machine par les responsables du site. Les éoliennes (NORDEX N100 - 2,5 MW) avaient été installées en août 2013.				X				
20/02/2014 11 - SIGEAN	BARPI N°44870	Chute d'une pale de 20 m. Un périmètre de sécurité de 100 m est établi autour de l'éolienne. Les autres machines du parc sont inspectées puis redémarrées. La pale endommagée sera remplacée.	X							
14/11/2014 07 - SAINT-CIRGUES-EN-MONTAGNE	BARPI N°45960	Chute d'une pale et projection de débris à 150 m lors d'un orage avec des rafales de vent atteignant les 130 km/h.	X							Orage
05/12/2014 11 - FITOU	BARPI N°46030	Chute à 80 m d'une extrémité de 3 mètres d'une pale. Incident probablement dû à une défaillance matérielle ou à un décollement sur les plaques en fibre de verre.						X		Défaillance matérielle
29/01/2015 02 - REMIGNY	BARPI N°46304	Feu dans une éolienne en phase de test. Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre.				X				Défaillance matérielle
06/02/2015 79 - LUSSERAY	BARPI N°46237	Feu 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.				X				
24/08/2015 28 - SANTILLY	BARPI N°47062	Feu 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.				X				
10/11/2015 55 - MÉNIL-LA-HORGNE	BARPI N°47377	Chute du rotor d'une éolienne (Senvion MD 77, en service depuis 2007), écrasant le transformateur. Causes inconnues.	X		X					
08/02/2016 29 - DNEAULT	BARPI N°47680	Une éolienne installées en juin 1999 perd deux pales lors d'une tempête. Une des pales s'est retrouvée en lambeaux avec des projections sur plusieurs dizaines de mètres.	X							Tempête
07/03/2016 22 - CALANHEL	BARPI N°47763	La pale d'une éolienne d'un parc de 11 machines se détache et s'écrase au sol.	X							Défaillance matérielle
28/05/2016 80 - HESCAMPS	BARPI N°48426	Incendie dans un rotor				X				Probable défaillance électrique
18/01/2017 80 - NURLU	Presse	Chute d'un fragment de pale (machine Gamesa G90/2000)	X							En cours d'étude



## J.6.2 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS À L'INTERNATIONAL

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010. La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF).

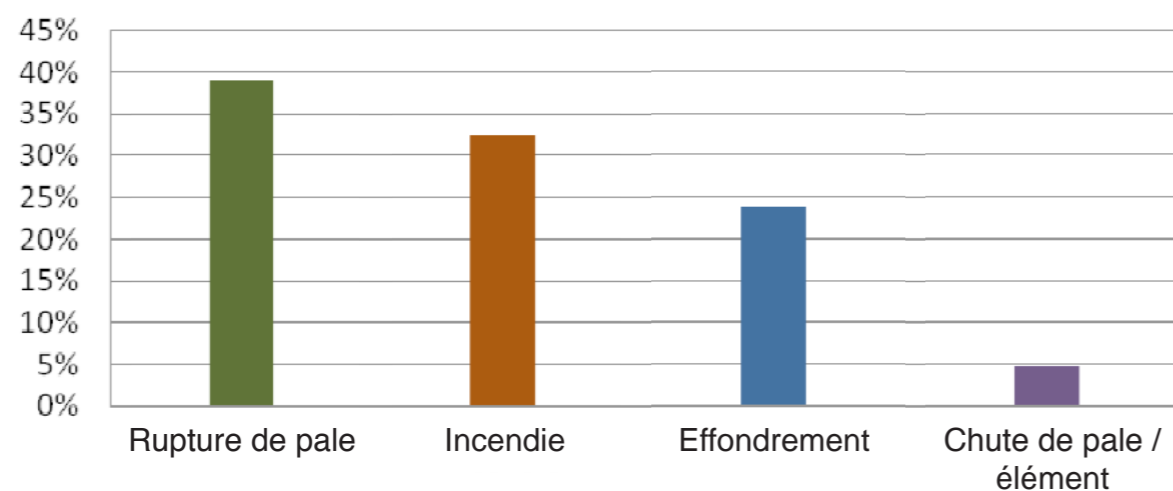
Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents (...) ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

Les graphiques suivants (source : INERIS) montrent d'une part la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés et d'autre part les causes des trois principaux événements accidentels, à savoir l'effondrement, la rupture de pale et l'incendie.

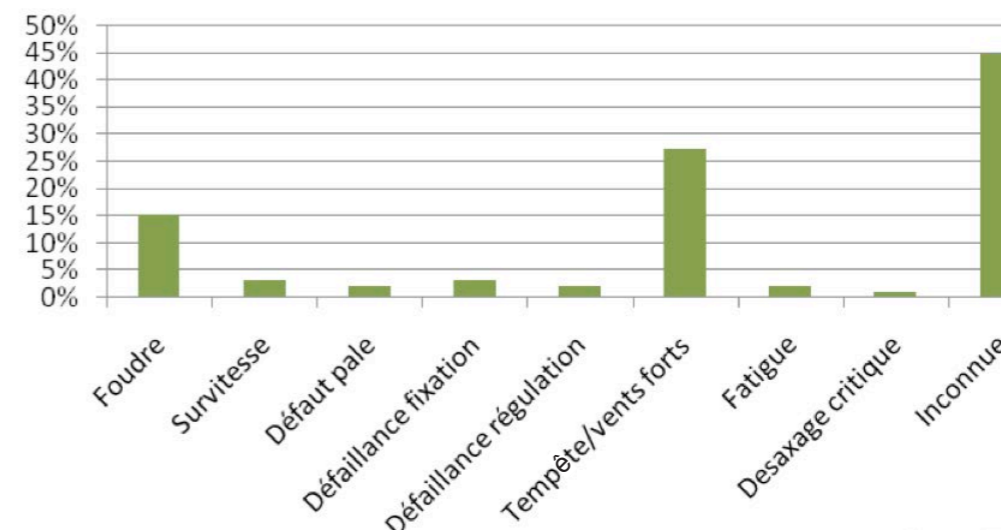
Le constat est assez semblable à l'échelle française et internationale. La rupture de pale est l'événement accidentel le plus répandu. L'incendie est le deuxième événement accidentel tandis que l'effondrement est le troisième (inversion par rapport à la France).

Concernant les causes, ce retour d'expérience montre l'importance des causes "tempêtes et vents forts" dans les accidents. Il souligne également le rôle de la foudre.

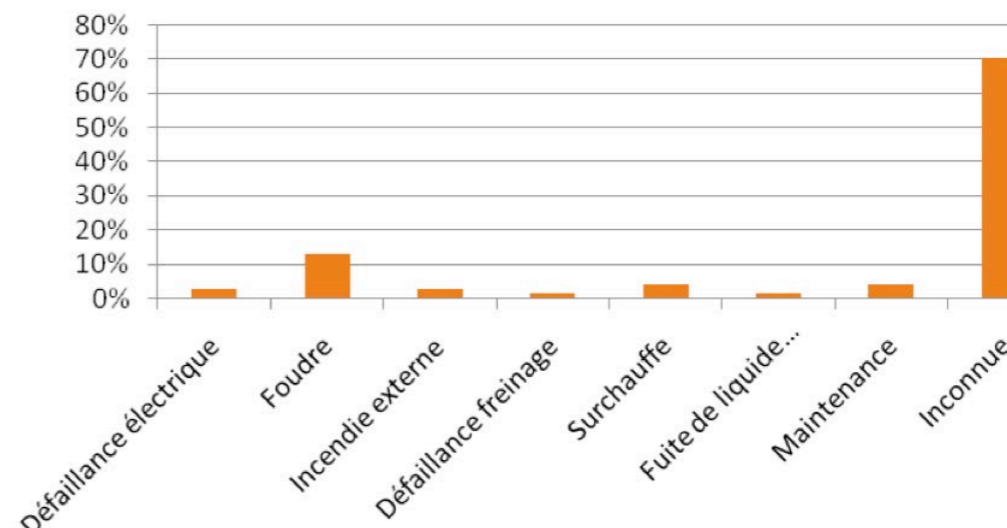
Répartition des événements accidentels dans le monde  
entre 2000 et 2011



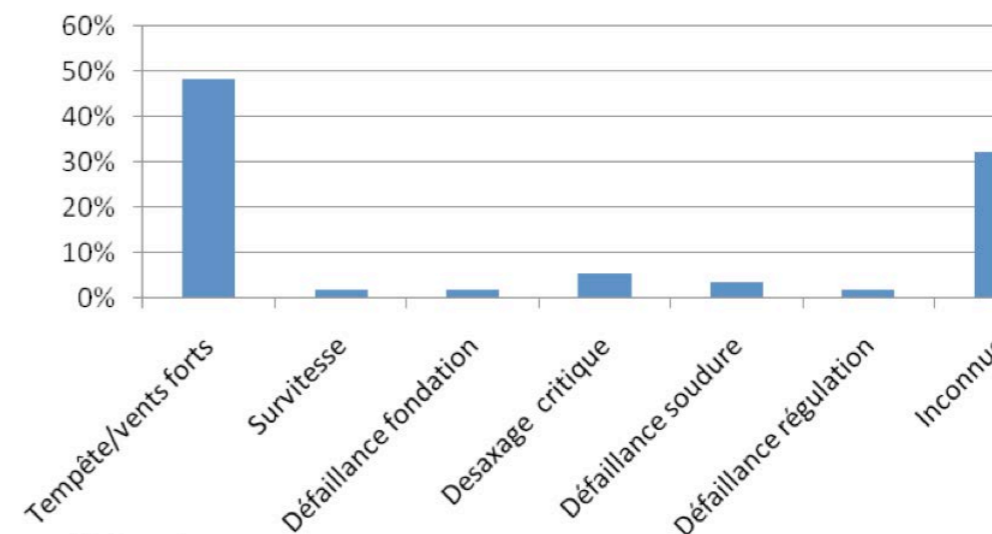
Répartition des causes premières de rupture de pale



Répartition des causes premières d'incendie



Répartition des causes premières d'effondrement



## J.6.3 - SYNTHÈSES DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

### J.6.3.1 - Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

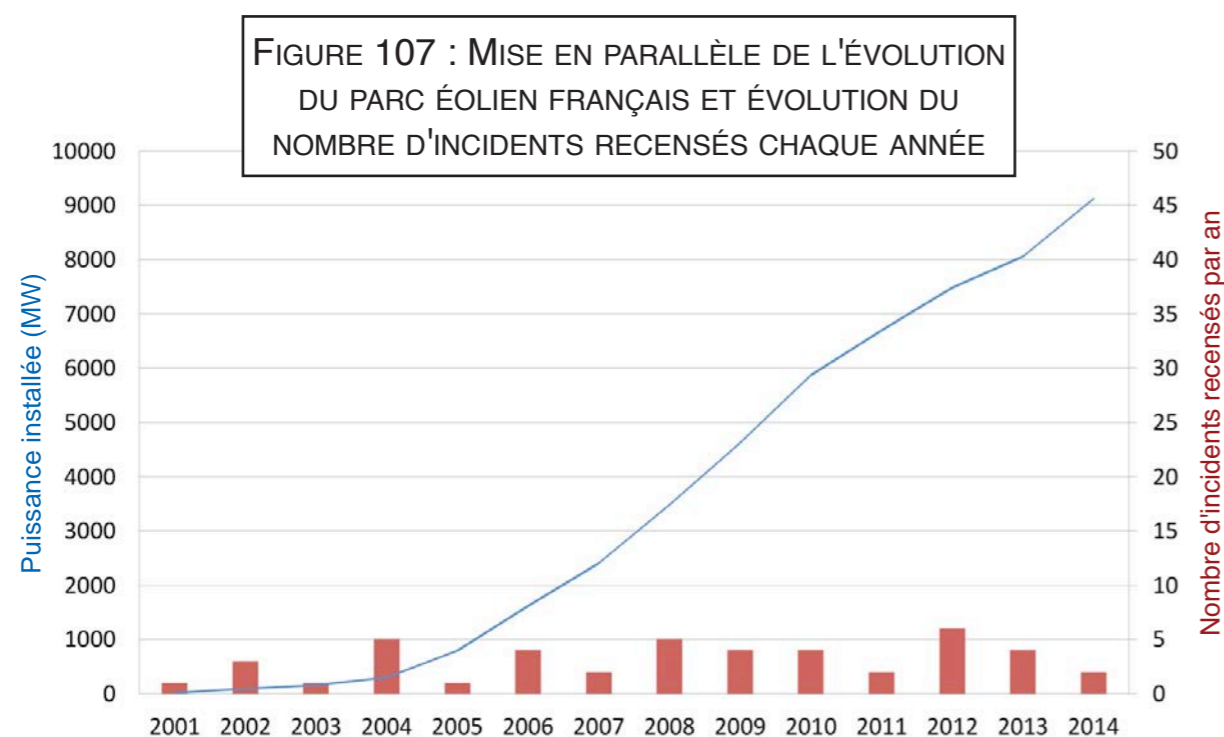
Le retour d'expérience de la filière éolienne française et internationale permet d'identifier les principaux événements redoutés suivants :

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

### J.6.3.2 - 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 (Figure 107).

Il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées.



Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant. Cette tendance s'explique principalement par un parc éolien français assez récent, qui utilise majoritairement des éoliennes de nouvelle génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres.

### J.6.3.3 - Limites d'utilisation de l'accidentologie

Ces retours d'expérience permettent de dégager de grandes tendances mais doivent être pris avec précaution. Ils comportent notamment les biais suivants :

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

## J.7 - ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

L'Analyse Préliminaire des Risques a pour objet d'identifier les causes et les conséquences potentielles découlant de situations dangereuses provoquées par des dysfonctionnements des installations étudiées. Elle permet de caractériser le niveau de risque de ces événements redoutés, selon une méthodologie décrite ci-dessous, et d'identifier les accidents majeurs, qui seront étudiés de manière détaillée au chapitre "J.8 - Étude détaillée des risques".

### J.7.1 - RECENSEMENT DES ÉVÈNEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

Conformément à la circulaire du 10 mai 2010, les événements initiateurs (ou agressions externes) suivants sont exclus de l'analyse des risques :

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

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

- inondations,
- séismes d'amplitude suffisante pour 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.

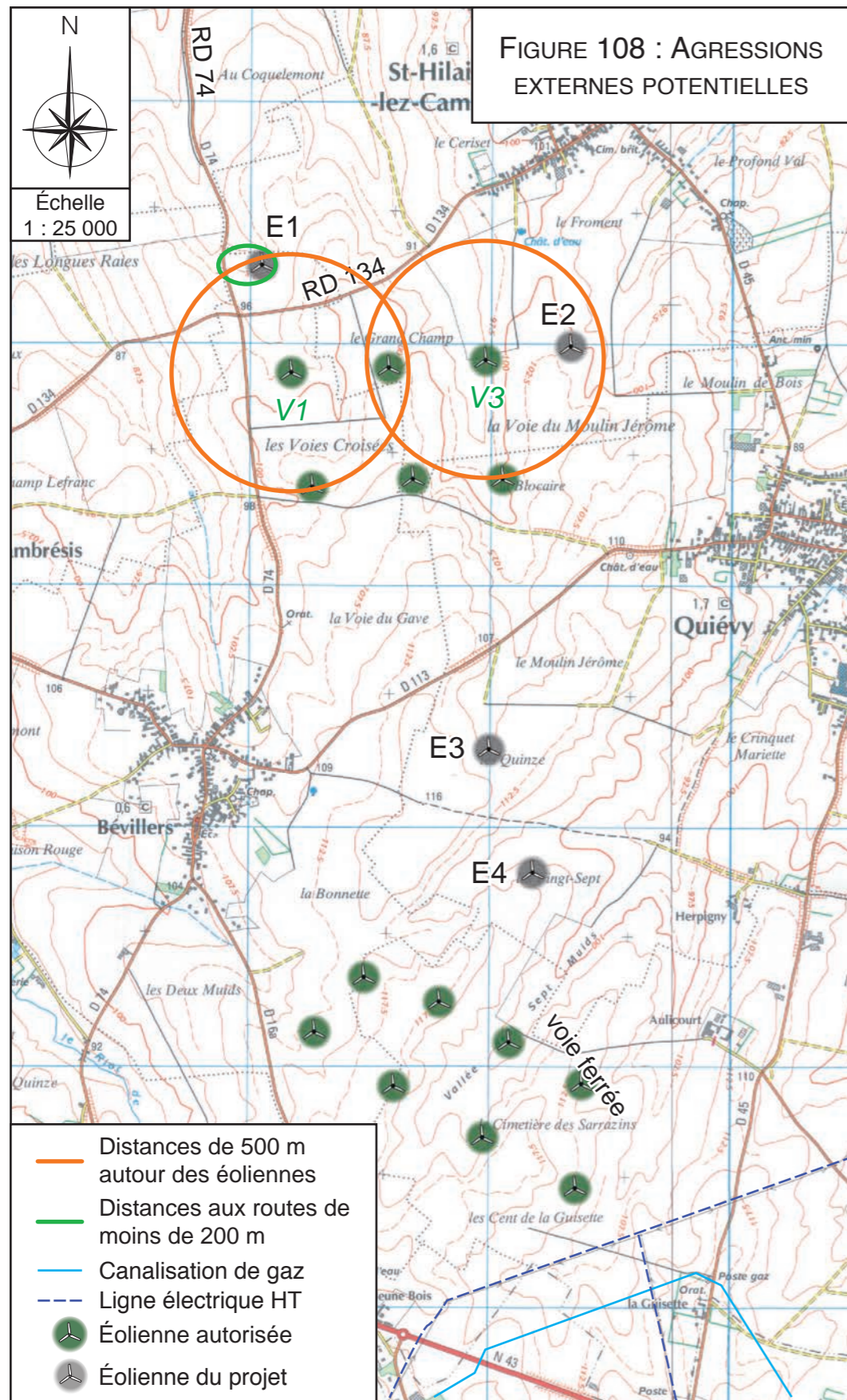
### J.7.2 - RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

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.

#### J.7.2.1 - Agressions externes liées aux activités humaines

Les activités humaines sont susceptibles de constituer un agresseur potentiel dans les conditions suivantes, selon l'INERIS (Figure 108) :

- les aérodromes lorsqu'ils sont implantés dans un rayon de 2 km
  - > *aucun aérodrome ne se trouve dans ce rayon de 2 km*
- les autres aérogénérateurs présents dans un rayon de 500 mètres
  - > *2 des éoliennes du parc accepté de la Voie du Moulin Jérôme sont concernées (V1 et V3)*
- les autres activités humaines (dont gazoducs, lignes électriques à très haute tension, voies ferrées) dans un rayon de 200 m
  - > *dans un rayon de 200 m, on trouve :*
    - des espaces cultivés, des chemins agricoles, des chemins,
    - la RD 74 entre Bévillers et Avesnes-les-Aubert, non structurante.



Le tableau suivant synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines et fournit une estimation des distances minimales séparant chaque aérogénérateur de la source de l'agression potentielle. Lorsque les conditions pour constituer un agresseur potentiel sont remplies, la case du tableau est **en orange**.

Notons que, dans une moindre mesure, les activités agricoles peuvent aussi constituer des agresseurs potentiels.

Infrastructure		Distance minimale par rapport au mât de l'éolienne (m)			
		E1	E2	E3	E4
Voies de circulation	RD 74	150	> 200 m		
Voie ferrée		> 200 m			
Aérodrome		> 2 km			
Ligne THT		> 200 m			
Éoliennes autorisées de la Voie du Moulin Jérôme	V1	455	> 500 m		
	V3	350			
	autres				
Éoliennes du projet	E1	> 500 m			
	E2				
	E3				
	E4				

D'après la définition de l'INERIS, les installations susceptibles de constituer des agresseurs potentiels sont donc :

- la RD 74, située à moins de 200 m de l'éolienne E1,
- les éoliennes V1 et V3 du projet accepté, avec les éoliennes E1 et E2 du présent projet.

### J.7.2.2 - Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Le tableau ci-dessous synthétise et indique l'intensité<sup>1</sup> des principales agressions externes liées aux phénomènes naturels auxquelles l'aérogénérateur est soumis.

Agression externe	Intensité
Vents et tempêtes	Les rafales supérieures à 100 km/h sont peu fréquentes (4 jours par an) dans le secteur de la zone d'étude.
Foudre	Dans le secteur, la densité de foudroiement est de l'ordre de 0,5 impact par an par km <sup>2</sup> , tandis que la moyenne nationale est d'environ 1,8. Le risque orageux dans le secteur du projet, peut donc être considéré comme relativement modéré.
Instabilité du sous-sol	Le projet fera l'objet d'une étude géotechnique pour lever tout risque lié aux mouvements de terrain.

Concernant le vent, les éoliennes respectent la norme IEC adaptée aux conditions de vent du site (voir "B.2.3.8 - Certification des éoliennes", page 16).

Rappelons que les agressions externes liées à des inondations, à des incendies de forêt ou de cultures ou à des séismes ne sont pas considérées dans ce tableau dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

Concernant la foudre, l'INERIS considère que le respect des normes IEC 61 400-24 (juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (décembre 2006) rend le risque d'effet direct de la foudre négligeable<sup>2</sup> (risque électrique, risque d'incendie, etc.). En effet, le système de mise à la terre permet d'évacuer l'intégralité du courant de foudre. Il n'est donc pas traité en tant que tel dans l'analyse des risques et dans l'Étude Détaillée des Risques. 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.

La protection foudre des éoliennes qui seront installées répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4. Le contrôle du système de protection contre la foudre fait partie de la maintenance normale des machines. Elle inclut une vérification des dommages mécaniques dus à la foudre sur la pale si le système parafoudre n'a pas fonctionné.

1 : Lorsque les données sont disponibles. Données rafales : <http://www.infoclimat.fr>, données 1961-1990 à la station Cambrai-Épinoy

2 : Guide Technique Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens - INERIS, SER, FEE - Mai 2012

### J.7.3 - SCÉNARIOS ÉTUDIÉS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

À l'issue du recensement des potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux, l'APR identifie l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

Le tableau qui suit permet l'analyse générique des risques en définissant les éléments suivants :

- description de la succession des événements (événements initiateurs et événements intermédiaires),
- description des événements redoutés centraux qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident,
- description des fonctions de sécurité permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux,
- description des phénomènes dangereux dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident,
- évaluation qualitative de l'intensité de ces événements, afin de prendre en compte la spécificité des éoliennes, 2 classes ont été établies :
  - "1" : phénomène limité ou se cantonnant au surplomb de l'éolienne,
  - "2" : correspond à une intensité plus importante et impactant potentiellement des personnes autour de l'éolienne.

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience du groupe de travail mixte Syndicat des Énergies Renouvelables et INERIS :

- "G" pour les scénarios concernant la glace,
- "I" pour ceux concernant l'incendie,
- "F" pour ceux concernant les fuites,
- "C" pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne,
- "P" pour ceux concernant les risques de projection,
- "E" pour ceux concernant les risques d'effondrement.

N°	Événement initiateur / cause	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02		Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)		2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute / projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique					2
I03	Survitesse	Échauffement des parties mécaniques et inflammation		Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)		2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification			Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)		2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur					2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification, fuite convertisseur, fuite transformateur	Écoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Écoulement				1

N°	Événement initiateur / cause	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité	
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1	
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)		1	
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle				1	
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2	
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale		Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)		2	
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage			Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)		2	
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Projection / chute fragments et chute mât	2	
E02	Glissement de sol					2	
E05	Crash d'aéronef					2	
E07	Effondrement engin de levage travaux			Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)		2	
E08	Vents forts			Défaillance fondation		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°11)	2
E09	Fatigue			Défaillance mât		Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	2
E10	Désaxage critique du rotor			Impact pale – mât		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	2

## J.7.4 - MISE EN PLACE DES MESURES DE SÉCURITÉ

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

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées sur les éoliennes. Certaines fonctions ne remplissent pas les critères "efficacité" ou "indépendance" : elles ont une fiabilité trop faible pour être considérées comme Mesure de Maîtrise des Risques, elles sont néanmoins décrites dans la mesure où elles concourent à une meilleure sécurité sur le site d'exploitation.

Un principe clé du processus d'élaboration d'une étude de dangers est qu'elle doit être proportionnelle au niveau de risques engendrés par les éoliennes sur leur environnement. Ainsi dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, les aspects relatifs aux fonctions de sécurité qui sont détaillés sont les suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement 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 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 seront présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires, 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, cette indépendance est mesurée 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 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,
- une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité "limiter les conséquences d'une survitesse" doit permettre de détecter une survitesse et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes,
- si applicable, une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité "Prévenir les projections de glace" doit permettre de détecter la formation importante de glace sur les pales et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes.

- **Efficacité** (100 % ou 0 %) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée. En cas de doute sur une mesure de maîtrise des risques, une note de calcul de dimensionnement peut être produite.

- **Test** (fréquence) : il s'agit ici de reporter les tests / essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse doivent être réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.

- **Maintenance** (fréquence) : il s'agit ici de fournir la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.



Pour qu'une mesure de maîtrise des risques remplissant une fonction de sécurité puisse être retenue comme barrière de sécurité, il convient qu'elle vérifie les critères préliminaires suivants, pour un scénario d'accident donné :

- la barrière doit être de **concept éprouvé**.
- la barrière doit être **indépendante du procédé**. Ce critère est un principe général. Une étude approfondie des modes de défaillance peut permettre de s'en affranchir.
- la barrière doit être **indépendante des autres barrières évaluées** (cas où plusieurs barrières sont mises en œuvre pour le même scénario d'accident).

Si la barrière peut être considérée comme une barrière de sécurité, il conviendra de s'assurer de son aptitude à remplir efficacement la fonction de sécurité qui lui est attribuée. Pour cela, trois critères sont pris en compte :

- **l'efficacité**, elle doit être efficace à 100 % par rapport à sa fonction de sécurité.
- **le temps de réponse**, son temps de réponse doit être en adéquation avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser.
- **le niveau de confiance**, il dépend de la nature de la barrière et intègre la probabilité moyenne de défaillance.

Remarque : pour certaines mesures de maîtrise des risques, certains de ces critères peuvent ne pas être applicables. Le critère correspondant est renseigné avec l'acronyme "NA" (Non Applicable).

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Système de détection du givre / glace</b> <b>Procédure adéquate d'arrêt et de redémarrage</b>	<b>FS 1</b>
Description	<p>La formation de glace se traduit par un balourd du rotor.</p> <p>L'éolienne est donc équipée d'un capteur de vibration qui, en cas de détection (le seuil de détection dépend du type de machine, du type de mât et de la hauteur de la machine), entraîne un réglage rapide des pales de l'éolienne en position drapeau, ce qui induit un arrêt de la rotation des pales de l'éolienne (freinage aérodynamique de l'éolienne). Il suffit qu'une seule pale soit mise en drapeau pour freiner l'éolienne.</p> <p>Le capteur de vibration est un capteur dédié à la sécurité. Le signal du capteur est traité par microprocesseur au sein des armoires de commandes situé dans la nacelle. Si ce microprocesseur tombe en panne la machine s'arrête pour défaut de communication. De plus, les 3 systèmes de régulation des angles des pales sont indépendants.</p> <p>En fonction de la machine concernée et du système ayant détecté le problème, le redémarrage peut se faire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• automatiquement après disparition des conditions de givre (lorsque le système de détection conclut à l'absence de glace : température supérieure à + 2°C de manière permanente par exemple),</li> <li>• et/ou manuellement sur site, avant la reprise automatique lorsque le système de détection conclut à l'absence de glace ou suite à un arrêt d'urgence, Pour ce faire, une inspection visuelle concluant à l'absence de glace sur l'aérogénérateur est nécessaire.</li> </ul>	
Indépendance	Non	
Temps de réponse	Quelques minutes (< 60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011	
Efficacité	100 %	
Test	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne	
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 et maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement	

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Panneautage en pied de machine</b> <b>Éloignement des zones habitées et fréquentées</b>	<b>FS 2</b>
Description	Mise en place de panneaux en pied de machines informant de la possible formation de glace (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	NA	
Efficacité	100 %	
Test	NA	
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.	

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Capteurs de température des pièces mécaniques</b> <b>Définition de seuils critiques de t° pour chaque type de composant avec alarmes</b> <b>Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement</b>	<b>FS 3</b>
Description	<p>Une température trop élevée peut limiter l'efficacité des systèmes de refroidissement (mauvaise évacuation des énergies) ou affecter le fonctionnement de certains composants.</p> <p>Ainsi, des capteurs sont mis en place pour mesurer les températures ambiantes. Un capteur, situé sous la nacelle, contrôle la température externe et conduit à l'arrêt de l'éolienne (mise en pause) pour une température supérieure à 40 °C. L'arrêt est également activé lorsque la température interne de la nacelle dépasse 40 °C.</p> <p>Des capteurs de température sont mis en place sur certains équipements (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur, circuit d'huile, circuit d'eau). Ces capteurs ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	NA	
Efficacité	100 %	
Test	NA	
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.	

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Détection de survitesse et système de freinage</b>	<b>FS 4</b>
Description	<p>L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale, fonction du modèle. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales (positionnement des pales à un angle de 85 à 90 ° pour un minimum de prise au vent). Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales "Pitch System". L'éolienne s'arrête également si l'angle maximal des pales admis est dépassé.</p> <p>Chaque pale possède son propre système de régulation de l'angle des pales. Ces trois systèmes sont indépendants. La mise en drapeau d'une seule pale suffit à freiner l'éolienne.</p> <p>En cas de coupure de courant, l'éolienne est automatiquement stoppée par un système de réglage de pale alimenté par une batterie de secours. La charge des batteries est assurée par un chargeur automatique.</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute 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 %	
Test	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.	
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment 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	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique</b>	<b>FS 5</b>
Description	<p>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.</p> <p>Le fonctionnement du détecteur commande le déclenchement de la cellule HT située en pied de mât, conduisant ainsi à la mise hors tension de la machine. La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être faits qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquiescement manuel du défaut.</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde	
Efficacité	100 %	
Test	NA	
Maintenance	<p>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 préventives mises en œuvre.</p> <p>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.</p> <p>Remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.</p>	

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur</b>	<b>FS 6</b>
Description	<p>Respect de la norme IEC 61 400 - 24 (juin 2010)</p> <p>Les pales sont équipées de dispositifs de capture. Un dispositif métallique flexible assure la continuité électrique entre la pale et le châssis métallique de la nacelle. Ce châssis est relié électriquement à la tour, elle-même reliée au réseau de terre disposé en fond de fouille (ensemble de prises de terre individuelles, intégrées dans les fondations puis connectées sur une barre de terre située en pied de mât) En cas de coup de foudre sur une pale, le courant de foudre est ainsi évacué.</p> <p>Certains équipements présents dans la nacelle notamment le générateur, le châssis du transformateur et la sortie basse tension du transformateur sont reliées au châssis de la nacelle mis à la terre. Le multiplicateur, lorsqu'il est présent, est isolé électriquement du générateur,</p> <p>Les circuits électriques sont blindés contre les champs électriques et magnétiques et équipés de para-surtenseurs afin de protéger les équipements des surtensions et des surintensités,</p> <p>Les capteurs de vents disposés sur le toit de la nacelle, de même que les dispositifs de balisage lumineux sont protégés contre les coups de foudre directs (dispositifs de capture reliés à la structure métallique de la nacelle, elle-même mise à la terre).</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	Instantané	
Efficacité	100 %	
Test	NA	
Maintenance	<p>Conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspection visuelle du système foudre 3 fois par an et une mesure annuelle</li> <li>• Contrôle périodique tous les 4 ans de la mise à la terre (mesure)</li> </ul>	

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<p><b>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</b></p> <p><b>Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle</b></p> <p><b>Intervention des services de secours</b></p>	<b>FS 7</b>
Description	<p>Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secours. La nacelle est équipée d'un détecteur de fumée, disposé à proximité des armoires électriques. Un deuxième détecteur est implanté en pied de tour, également au dessus des armoires électriques. Le détecteur de fumée de la nacelle est, d'un point de vue de la détection incendie, redondant avec la détection de température haute.</p> <p>Le déclenchement de ces détecteurs de fumée génère une alarme locale (sirène dans la nacelle et dans le tour) et une information vers le système de contrôle (arrêt de l'éolienne et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât). De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande.</p> <p>Plusieurs extincteurs (dans la nacelle et en pied de tour) sont utilisables par le personnel sur un départ de feu.</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	<p>&lt; 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique. Le centre de secours le plus proche étant celui de Solesmes, ce délai d'intervention est de près de 10 mn.</p>	
Efficacité	100 %	
Test	NA	
Maintenance	<p>Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.</p> <p>Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.</p>	

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Détecteurs de niveau d'huiles</b> <b>Procédure d'urgence</b> <b>Kit antipollution</b>	<b>FS 8</b>
Description	<p>De nombreux détecteurs de niveau d'huile et de liquide de refroidissement permettent de détecter les éventuelles fuites et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.</p> <p>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.</p> <p>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>de contenir et arrêter la propagation de la pollution,</li> <li>d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools...) et produits chimiques (acides, bases, solvants...),</li> <li>de récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> <p>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.</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite	
Efficacité	100 %	
Test	NA	
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)	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (brides, joints, etc.)</b> <b>Procédures qualité</b>	<b>FS 9</b>
Description	<p>La norme IEC 61 400-1 "Exigence pour la conception des aérogénérateurs" fixe les prescriptions propres à fournir "un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie" de l'éolienne.</p> <p>Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1.</p> <p>Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	NA	
Efficacité	100 %	
Test	NA	
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.	

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<b>Procédure maintenance et formation</b>	<b>FS 10</b>
Description	<p>Le personnel intervenant sur les installations (monteurs, personnel affecté à la maintenance) est formé et encadré.</p> <p>Les opérations réalisées tant dans le cadre du montage, de la mise en service que des opérations de maintenance périodique sont effectuées suivant des procédures qui définissent les tâches à réaliser, les équipements d'intervention à utiliser et les mesures à mettre en place pour limiter les risques d'accident.</p> <p>Des check-lists sont établies afin d'assurer la traçabilité des opérations effectuées.</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	NA	
Efficacité	100 %	
Test	NA	
Maintenance	NA	

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	Numéro de la fonction de sécurité
Mesure de sécurité	<p><b>Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents.</b></p> <p><b>Détection et prévention des vents forts et tempêtes</b></p> <p><b>Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite</b></p> <p><b>Surveillance des vibrations et turbulences</b></p>	<b>FS 11</b>
Description	<p>L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale (fonction du modèle). Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales. Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales "Pitch System".</p>	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	< 1 minute	
Efficacité	100 %	
Test	<p>Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.</p>	
Maintenance	<p>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 de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence).</p> <p>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.</p>	

## J.7.5 - CONCLUSION DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

Rappelons que l'Analyse Préliminaire des Risques permet de sélectionner les accidents étudiés dans l'Étude Détaillée des Risques, en ne retenant que les séquences accidentelles dont l'intensité est telle qu'il peut avoir des effets significatifs sur la vie humaine.

Les accidents étudiés au cours de cette analyse sont ceux pour lesquels l'estimation de la criticité potentielle conduit à les placer dans la zone "EDR" de la matrice de sélection présentée ci-dessous (zone hachurée) :

Gravité	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5. Désastreux					
4. Catastrophique					
3. Important					
2. Sérieux					
1. Modéré					

Les trois catégories de scénario ci-après sont exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Scénario non étudié	Argumentaire
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m <sup>2</sup> n'est pas atteinte au sol. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.  Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 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 libérés dans le sol restent modérés.

À l'inverse, les cinq catégories de scénario étudiées dans l'Étude Détaillée des Risques sont les suivantes :

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

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

## J.8 - ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

L'Étude Détaillée des Risques (EDR) poursuit et complète l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) pour les accidents considérés comme étant potentiellement les plus importants.

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

- Identifier et étudier les combinaisons de causes conduisant aux situations dangereuses,
- Identifier les mesures de maîtrise des risques pouvant intervenir dans le déroulement des scénarios d'accident,
- Évaluer de manière quantitative la probabilité d'occurrence des différents événements, de la situation dangereuse et des différents phénomènes dangereux dont elle peut être à l'origine, en tenant compte de la fiabilité des mesures de maîtrise des risques,
- Modéliser les effets des différents phénomènes physiques causés par la situation dangereuse et analyser l'exposition des éléments vulnérables présents dans les zones d'aléa,
- Évaluer la probabilité d'occurrence des différents dommages possibles,
- Proposer des mesures d'amélioration complémentaires si besoin est, afin de réduire le risque résiduel,
- Identifier et caractériser les mesures de maîtrise des risques qui seront retenues comme MMR.

Pour apprécier les risques liés à une installation industrielle, il convient d'évaluer, pour chaque accident consécutif aux phénomènes dangereux susceptibles d'impacter l'homme ou l'environnement :

- un niveau de gravité, qui représente la sévérité des conséquences de l'accident en cas d'occurrence du phénomène dangereux,
- un niveau de fréquence, qui correspond à la probabilité pour que le phénomène identifié se réalise avec les effets déterminés.

Le couple gravité - fréquence donne le niveau de criticité, ou niveau de risque, de l'accident considéré. Ce dernier est également caractérisé par un troisième paramètre : la cinétique.

Les échelles retenues pour les cotations sont celles définies par l'arrêté ministériel 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", dit PCIG. Ces échelles sont présentées ci-après.

### J.8.1 - RAPPEL DES DÉFINITIONS

Cette première partie de l'Étude Détaillée des Risques consiste à rappeler les définitions de chacun de ces paramètres, en lien avec les références correspondantes.

#### J.8.1.1 - Cinétique

La cinétique d'un scénario d'accident correspond à la vitesse d'enchaînement des différents événements constitutifs du scénario, depuis l'événement initiateur jusqu'aux conséquences sur les éléments vulnérables.

L'arrêté du 29 septembre 2005 ne précise pas les critères d'appréciation de la cinétique.

Les éléments qui suivent sont issus d'un document projet du MEDD, datant de juillet 2004, intitulé "Éléments relatifs à la cinétique des scénarios d'accident".

La cinétique d'un scénario d'accident est caractérisée par 2 phases :

- Phase pré-accidentelle : phase entre l'événement initiateur et la libération du potentiel de danger.
- Phase post-accidentelle : phase postérieure à la libération du potentiel de danger.

Elle se décompose en quatre phases :

- délai d'occurrence,
- délai de montée en puissance du phénomène jusqu'à son état stationnaire,
- délai nécessaire à l'atteinte de cibles,
- durée d'exposition des cibles.

On définit deux niveaux de cinétique d'événements accidentels :

- Cinétique lente : le développement du scénario d'accident, à partir de sa détection, est suffisamment lent (cinétique pré-accidentelle + cinétique post-accidentelle > 30 minutes) pour permettre de protéger les populations exposées avant qu'elles ne soient atteintes (ex : feu de bâtiment, feu d'entrepôt).
- Cinétique rapide : cinétique pré-accidentelle + cinétique post-accidentelle ≤ 30 minutes (ex : projection de pale, dispersion de produits ou de fumées toxiques),

L'estimation de la cinétique d'un scénario d'accident permet de valider l'adéquation des mesures de détection et de protection prises ou envisagées.

**Dans le cadre d'une étude de dangers pour des aérogénérateurs, il est considéré, de manière prudente, que l'intégralité des accidents considérés ont une cinétique rapide. Ce paramètre étant invariant, il ne sera plus détaillé dans les phénomènes redoutés étudiés par la suite.**



### J.8.1.2 - Intensité

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

On constate que les scénarios retenus au terme de l'Analyse Préliminaire des Risques pour les parcs éoliens sont des scénarios de projection (de glace ou de toute ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou toute ou partie de pale) ou d'effondrement de machine. Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, et décroît en fonction de la distance (par exemple un incendie ou une explosion). Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents causés 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".

Le degré d'exposition est défini comme le rapport entre la surface atteinte par un élément chutant ou projeté et la surface de la zone exposée à la chute ou à la projection. 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 des effets très importants,
- 1 % d'exposition : seuil des effets importants.

Ces deux valeurs induisent trois catégories d'exposition :

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

### J.8.1.3 - Gravité

L'intensité et le nombre de personnes exposées dans les limites d'étendue des seuils d'effets définissent le niveau de gravité.

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide de la méthode basée sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers<sup>1</sup>. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées :

Descriptif	Équivalent personnes
<u>Terrains non aménagés et très peu fréquentés</u> : champs, prairies, forêts, friches, marais...	1 personne pour 100 ha.
<u>Terrains aménagés mais peu fréquentés</u> : voie de circulation non structurante (< 2000 véhicules par jour), chemins agricoles, vignes, jardins...	1 personne pour 10 ha.
<u>Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés</u> : parkings, parcs et jardins publics...	≥ 10 personnes par ha.
<u>Voies de circulation</u> ≥ 2000 véhicules par jour	0,4 personne par km et par tranche de 100 véhicules par jour

L'échelle de gravité des conséquences sur l'homme définie dans l'arrêté PCIG du 29 septembre 2005 est la suivante :

Gravité \ Intensité	Exposition très forte	Exposition forte	Exposition modérée
5. "Désastreux"	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
4. "Catastrophique"	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
3. "Important"	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
2. "Sérieux"	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
1. "Modéré"	Pas de zone de létalité hors établissement		Moins d'une personne exposée

<sup>1</sup> : Circulaire du 10 mai 2010, fiche n°1 du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD) issue de la circulaire du 28 décembre 2006 "Éléments pour la détermination de la gravité des accidents".

### J.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 :

Niveau de fréquence	Échelle qualitative	Échelle semi-quantitative	Échelle quantitative : par unité et par an
E	Possible mais extrêmement peu probable	N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années d'installations	$P < 10^{-5}$
D	Très improbable	S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	$10^{-4} > P > 10^{-5}$
C	Improbable	S'est déjà produit dans ce 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	$10^{-3} > P > 10^{-4}$
B	Probable	S'est déjà produit et / ou peut se reproduire pendant la durée de vie de l'installation	$10^{-2} > P > 10^{-3}$
A	Courant	S'est produit sur site considéré et / ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures correctrices	$P > 10^{-2}$

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, 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 étant le produit de plusieurs probabilités :

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

Avec :

- $P_{\text{ERC}}$  : probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ,
- $P_{\text{orientation}}$  : probabilité que l'éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d'une défaillance dans la direction d'un point donné (en fonction des conditions de vent notamment),
- $P_{\text{rotation}}$  : probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment),
- $P_{\text{atteinte}}$  : probabilité d'atteinte d'un point donné autour de l'éolienne (sachant que l'éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu'elle est en rotation),
- $P_{\text{présence}}$  : probabilité de présence d'un enjeu donné au point d'impact sachant que l'élément est projeté en ce point donné.

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

### J.8.1.5 - Acceptabilité du risque

À l'issue de l'analyse des risques, l'ensemble des phénomènes dangereux identifiés et des accidents correspondants est positionné dans une matrice de risque, ou grille de criticité.

La grille de criticité retenue est celle définie dans la circulaire du 29 septembre 2005 "relative aux critères d'appréciation de la démarche de maîtrise des risques d'accidents susceptibles de survenir dans les établissements dits "SEVESO", visés par l'arrêté du 10 mai 2000 modifié"<sup>1</sup>. Il est à noter que cette grille non obligatoire dans le cas des éoliennes est ajoutée dans le dossier afin d'en faciliter la lecture.

Gravité	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5. Désastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
4. Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
3. Important	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
2. Sérieux	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Rouge
1. Modéré	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune

La grille de criticité définit ainsi trois types de zones :

- **Zone en rouge "NON"** : zone de risque élevé associée aux accidents "inacceptables" susceptibles d'engendrer des dommages sévères à l'intérieur et hors des limites du site,
- **Zone en jaune "MMR"** : zone de Mesures de Maîtrise des Risques. Les accidents situés dans cette zone doivent faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue 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 (zone ALARP : As Low As Reasonably Practicable). Dans la zone jaune une MMR est demandée.
- **Zone en vert** : zone de risque moindre, les accidents entrant dans cette catégorie ne nécessitent pas de mesures de réduction du risque supplémentaires.

Le positionnement des phénomènes dangereux identifiés et des accidents correspondants dans cette grille de criticité permet de les hiérarchiser et d'identifier les accidents majeurs.

Pour rappel, d'après l'arrêté du 10 mai 2000 modifié relatif à la prévention des accidents majeurs, un accident majeur est défini comme "un événement tel qu'une émission, un incendie ou une explosion d'importance majeure résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation, entraînant, pour les intérêts visés au L.511-1 du Code de l'Environnement, des conséquences graves, immédiates ou différées et faisant intervenir une ou plusieurs substances ou des préparations dangereuses."

Si des accidents majeurs caractérisés par un risque résiduel "inacceptable" sont identifiés, alors des mesures complémentaires ou des recommandations sont émises afin qu'à l'issue de l'analyse des risques, aucun accident ne se situe dans la zone rouge "NON".

<sup>1</sup> : Cette méthodologie est applicable aux installations SEVESO, mais il est possible de s'inspirer de cette grille pour d'autres installations comme les éoliennes, afin de faciliter la compréhension par le lecteur.

## J.8.2 - CARACTÉRISATION DES SCÉNARIOS RETENUS

Rappelons que l'ensemble des scénarios a été étudié pour l'implantation de 4 éoliennes dont les dimensions sont données en page 14, c'est-à-dire des machines hautes de 150 m, de 101 m de diamètre de rotor et une hauteur au moyeu de 99 m.

### J.8.2.1 - Effondrement de l'aérogénérateur

L'événement redouté central de ce scénario est un effondrement de l'éolienne.

#### J.8.2.1.1 - Analyse des événements initiateurs

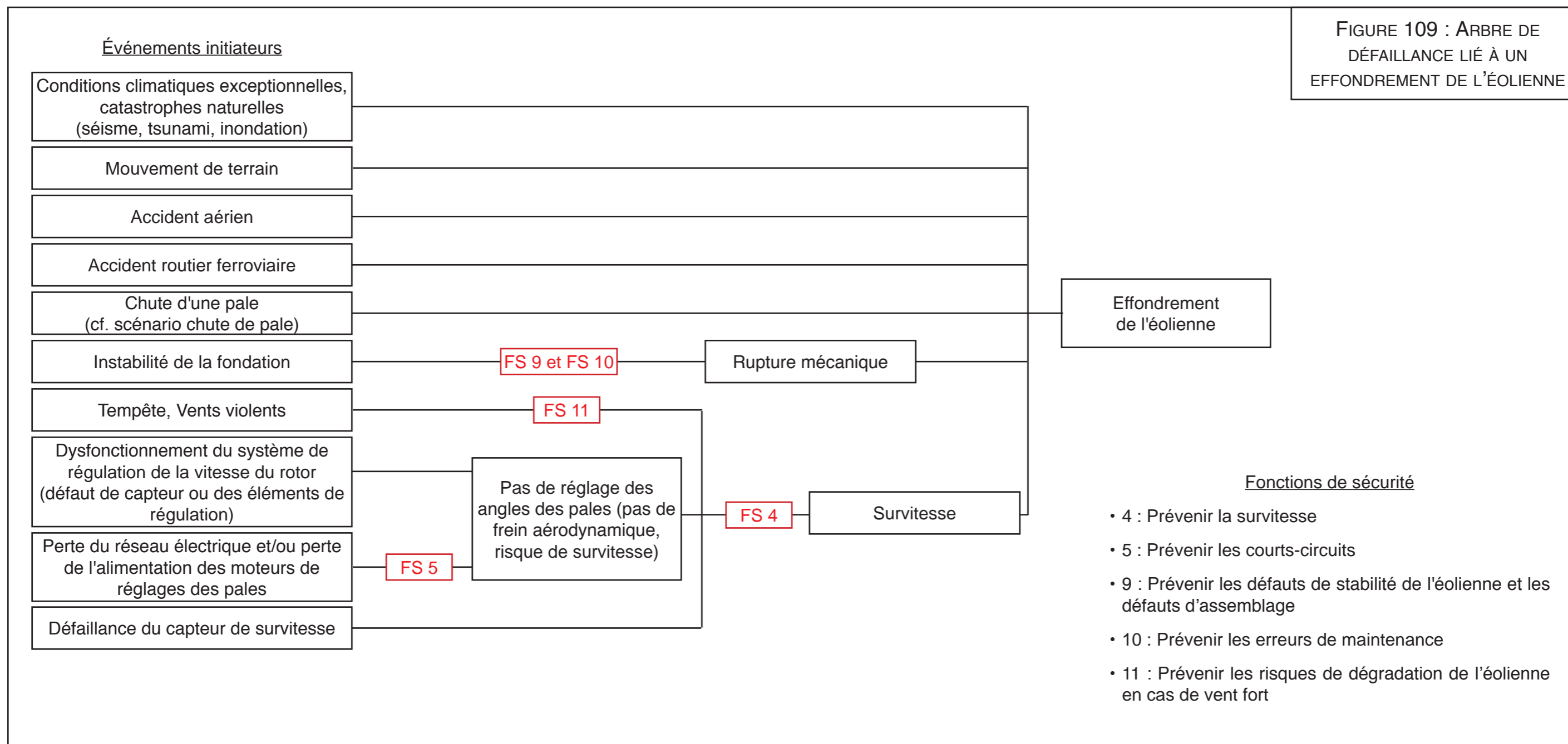
Les causes potentielles identifiées menant à l'événement redouté central sont présentées dans les tableaux suivants, à lire conjointement avec le nœud papillon (arbre des défaillances et d'évènements).

Repère	Événement initiateur	Événement redouté intermédiaire	Description de l'événement initiateur	Mesures contribuant à réduire la probabilité de l'événement initiateur	Fonction de sécurité associée (FS)
1	Conditions climatiques exceptionnelles, catastrophes naturelles	Effondrement de l'éolienne	Avalanche, inondation, tsunami, séisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>Choix d'implantation du site</li> <li>Dimensionnement des fondations</li> </ul>	
2	Mouvements de terrain	Effondrement de l'éolienne	Cavités, retrait-gonflement des argiles	<ul style="list-style-type: none"> <li>Choix d'implantation du site</li> <li>Étude de sol et design en conséquence</li> </ul>	
3	Accident aérien	Effondrement de l'éolienne	Choc avec un aéronef pouvant conduire à une chute / pliage de mât	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consultation préalable de l'armée lors de l'élaboration du projet</li> <li>Implantation éloignée des aéroports</li> <li>Respect de l'arrêté du 13 novembre 2009 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques</li> <li>Balisage : 2 balises par éolienne : flash rouge la nuit type B MI (2000 cd) / flash blanc le jour type A MI (20 000 cd)</li> <li>Balisage sur batteries en cas de perte du réseau électrique (autonomie 12 h - DGAC prévenue)</li> <li>Couleur éolienne : gris-blanc</li> <li>Éoliennes indiquées sur les plans de vol</li> </ul>	
4	Accident routier / ferroviaire	Effondrement de l'éolienne		Éloignement des voies de communication	
5	Chute d'une pale sur le mât	Effondrement de l'éolienne		<i>voir le scénario chute de pale</i>	
6	Défaut de construction, de conception (mauvais dimensionnement des fondations), de montage, de maintenance	Instabilité de la fondation	Rupture mécanique lié à un défaut de construction ou de maintenance pouvant conduire à l'effondrement de l'éolienne	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude de sol et design en conséquence</li> <li>Opérations de maintenance définies par l'arrêté de 26 août 2011 : lors de ces contrôles, si des pièces défectueuses ou usées sont détectées, elles sont remplacées. Certaines pièces ou consommables sont par défaut remplacés périodiquement. La première maintenance après la mise en service a lieu au bout de 3 mois de fonctionnement. Par la suite des contrôles ont lieu tous les 6 mois, 1 an et 4 an en fonction de l'élément considéré.</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 9</b> Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage</p> <p><b>Fonction de sécurité 10</b> Prévenir les erreurs de maintenance</p>

Repère	Événement initiateur	Événement redouté intermédiaire	Description de l'événement initiateur	Mesures contribuant à réduire la probabilité de l'événement initiateur	Fonction de sécurité associée (FS)
7	Vents violents, tempêtes	Survitesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Études de vent - design des éoliennes selon la norme IEC 61400</li> <li>• Conception : distance minimale entre la tour et la pale</li> <li>• Arrêt en cas de vents forts</li> <li>• Mesure constante des vitesses de rotation de la chaîne cinétique</li> <li>• Présence d'un frein hydraulique indépendant du frein aérodynamique</li> <li>• Signal d'alerte SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) en cas de déclenchement d'un capteur de sécurité</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 11</b> Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort</p>
8	Dysfonctionnement du système de régulation de la vitesse du rotor	Survitesse	Le défaut de régulation de la vitesse du rotor entraîne l'impossibilité d'adapter l'angle des pales en fonction des conditions de vents, ce qui peut entraîner une survitesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signal d'alerte SCADA en cas de déclenchement d'un capteur de sécurité</li> <li>• Dès qu'il y a un écart sur l'angle des pitch des 3 pales la machine s'arrête</li> <li>• Indépendance des systèmes d'inclinaison des pales (une pale en drapeau suffit pour freiner la machine)</li> <li>• Système de sécurité indépendant contre la survitesse avec la présence d'un frein hydraulique indépendant du frein aérodynamique</li> <li>• Arrêt de la machine en cas d'incohérence des valeurs mesurées (angles des pales, vitesse de rotation du rotor et de l'arbre lent,...) ou de défaillance du système de contrôle</li> <li>• Mesure redondante des vitesses de rotation, arrêt en cas d'incohérence des mesures</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 11</b> Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort</p> <p>Fonction de sécurité 4 Prévenir la survitesse</p>
9	Perte du réseau électrique et / ou de l'alimentation des moteur de réglage de l'angle des pales	Survitesse	Le réglage des angles des pales n'est plus possible, ce qui peut conduire à une survitesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Batteries de secours situées dans la partie rotor</li> <li>• Arrêt de l'éolienne en cas de coupure de l'alimentation par le réseau public</li> <li>• Présence de batteries ou d'onduleur sur les équipements de sécurité (balisage lumineux, système de commande)</li> <li>• Accumulateurs hydropneumatiques de secours situées dans la partie Rotor</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 4</b> Prévenir la survitesse</p> <p><b>Fonction de sécurité 5</b> Prévenir les courts-circuits</p>
10	Défaillance du capteur de survitesse	Survitesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indépendance des systèmes d'inclinaison des pales</li> <li>• Présence d'un frein hydraulique indépendant du frein aérodynamique</li> <li>• Mesure constante des vitesses de rotation de la chaîne cinétique</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 4</b> Prévenir la survitesse</p>

### J.8.2.1.2 - Représentation sous forme d'arbre de défaillance et analyse des fonctions de sécurité

Les scénarios d'accident susceptibles d'induire un effondrement de l'éolienne peuvent être représentés sous la forme suivante.



Cinq fonctions de sécurité sont identifiées sur le précédent arbre d'évènements.

Rappelons également que les mesures préventives consistent à réaliser une étude de sol et à définir une fondation en fonction de cette étude.

### J.8.2.1.3 - Caractérisation du risque

#### • Zone d'effet

La distance maximale d'impact d'une chute d'éolienne est égale à un cercle dont le rayon est égal à la hauteur de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m dans le cas des 4 éoliennes de la ferme éolienne du Moulin de Jérôme.

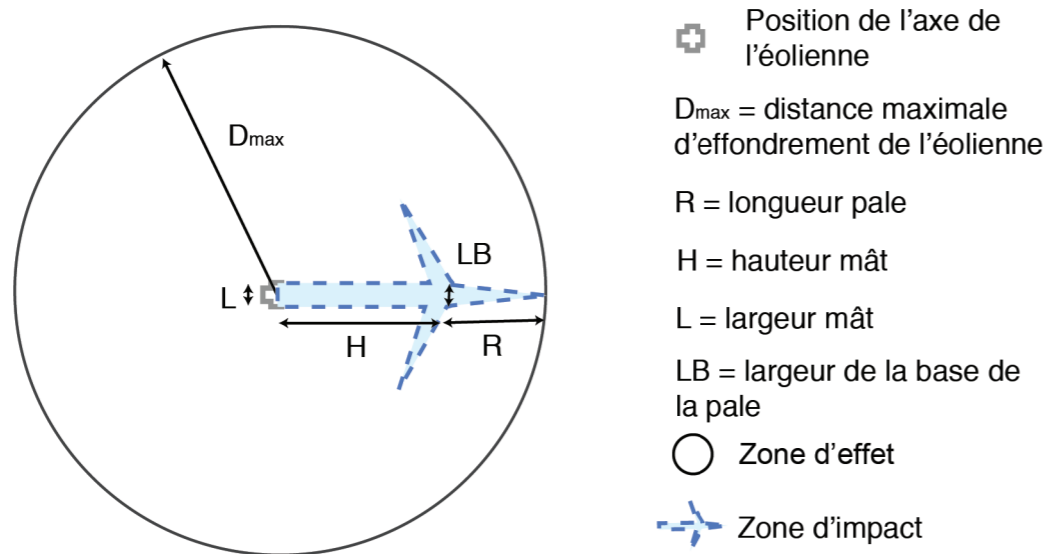


Figure 110 : Schéma du scénario effondrement de l'éolienne

#### • Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien projeté.

Effondrement de l'éolienne			
Zone d'impact (en m <sup>2</sup> )	Zone d'effet du phénomène étudié (en m <sup>2</sup> )	Degré d'exposition du phénomène étudié (en %)	Intensité
$H \times L + 3 \times R \times LB / 2$	$\pi \times (R+H)^2$	Zone d'impact ÷ Zone d'effet du phénomène	
1148	70 686	1,63	Forte

H : hauteur au moyeu,  
L : largeur du mât,

R : longueur de pale,  
LB : largeur de la base de la pale.

#### • Gravité

On identifie les cibles humaines potentielles dans la surface d'effet de chaque éolienne. Aucune personne exposée n'est comptabilisée au-delà de cette zone d'effet.

Étant données les distances d'effets calculées, les chutes d'éoliennes peuvent atteindre les personnes situées dans les champs, sur les chemins et les voies communales autour du site. Pour le calcul du nombre de personnes permanentes ou équivalent, on se réfère au premier tableau du chapitre "J.8.1.3 - Gravité", page 342.

Le tableau suivant rappelle les correspondances entre la gravité et le nombre de personnes exposées pour une exposition forte :

Gravité	"Désastreux"	"Catastrophique"	"Important"	"Sérieux"	"Modéré"
Nombre de personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 1 et 10 personnes exposées	Au plus 1 personne exposée	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement

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

Effondrement de l'éolienne			
Éoliennes	Nombre de personnes permanentes ou équivalent et hypothèses retenues	Gravité	
E1	0,08	Sérieux	
E2			chemins : 180 m, et terrains non aménagés
E3			chemins : 120 m, et terrains non aménagés
E4			chemins : 125 m et terrains non aménagés

• Probabilité

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

Source	Fréquence	Classe de probabilité (arrêté du 29 septembre 2005)	Justification
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	$4,5 \cdot 10^{-4}$	C	Retour d'expérience
Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004	$1,8 \cdot 10^{-4}$ (effondrement de la nacelle et de la tour)	C	Retour d'expérience

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité "C". En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience<sup>1</sup>, soit une probabilité de  $4,47 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

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

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. Les principales mesures sont listées ci-dessous :

- 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.

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'aucun effondrement n'a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2005.

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 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 donc considéré, conformément aux préconisations de l'INERIS, 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".**

<sup>1</sup> : Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.



• Évaluation des risques - Acceptabilité

Les différents éléments d'évaluation des accidents associés à un effondrement d'éolienne sont présentés ci-dessous. Ils sont basés sur les règles de comptage et sur les modélisations présentées précédemment.

Les accidents "effondrement d'éolienne" pour chacune des éoliennes sont positionnés dans la matrice de criticité ci-dessous.

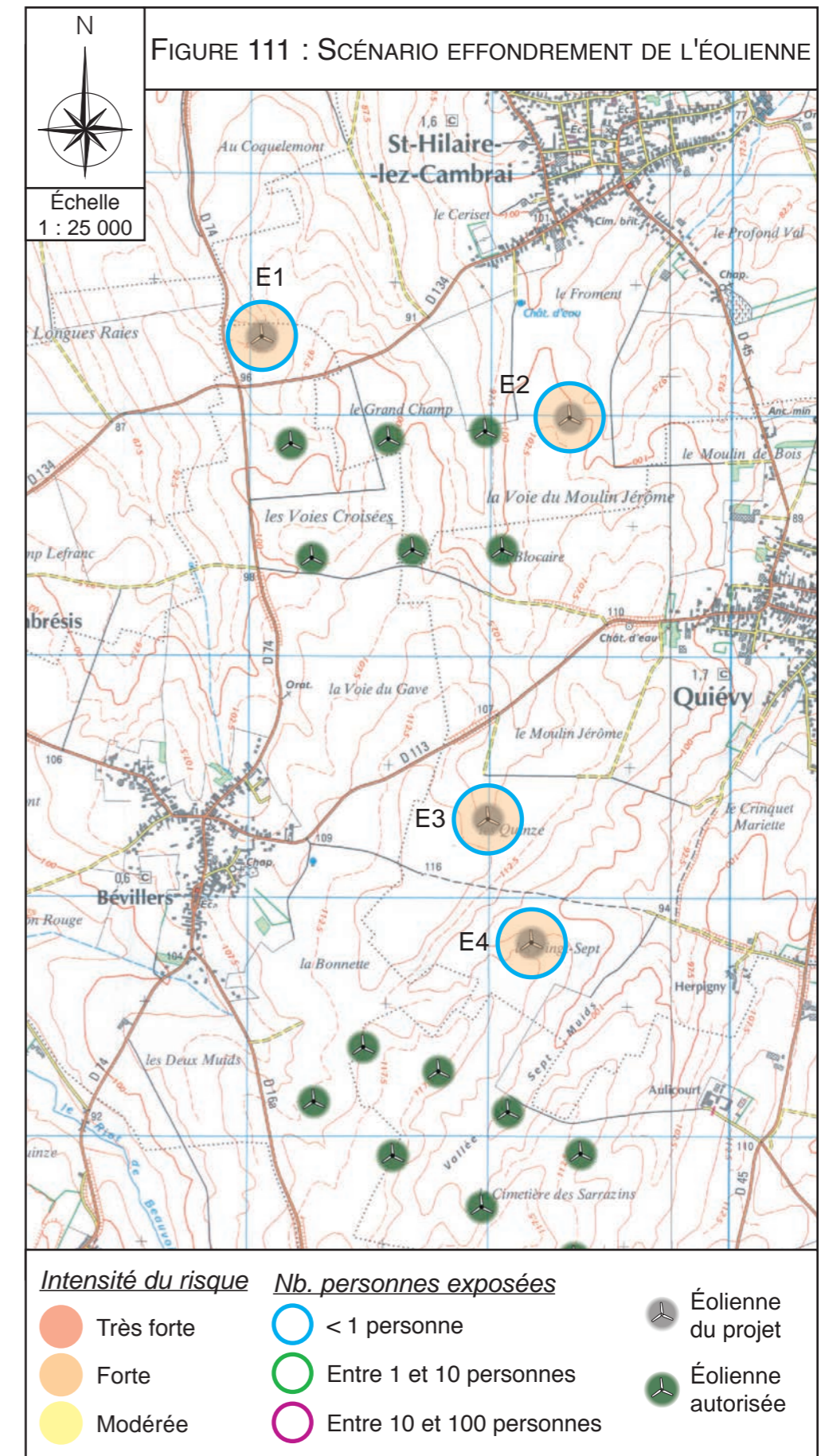
Gravité	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5. Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
4. Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
3. Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
2. Sérieux	Green	X	Yellow	Yellow	Red
1. Modéré	Green	Green	Green	Green	Yellow

Éoliennes	E 101
Diamètre du rotor (m)	101,0
Nb. d'éoliennes du champ	4
Hauteur du mât (m)	99,0
Surface d'effet (m <sup>2</sup> )	70 686
Diamètre du mât (m)	7
Cinétique	Rapide
Intensité	Forte
Fréquence (/an) et classe	10 <sup>-5</sup> à 10 <sup>-4</sup> (D)
Gravité	Sérieux

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, l'INERIS conclut à l'acceptabilité de ce phénomène :

- si au plus une personne est concernée, ce qui est le cas ici,
- si au plus dix personnes sont concernées et que des mesures de sécurité sont associées.

Le croisement de la probabilité avec la gravité du risque d'effondrement des machines démontre donc que ce dernier est acceptable.



## J.8.2.2 - Chute et projection de glace

L'événement redouté central de ces scénarios est la formation de blocs de glace sur les pales du rotor, suivi de leur chute ou de leur projection.

### J.8.2.2.1 - Analyse des événements initiateurs

Sous certaines conditions climatiques, un dépôt de glace / givre peut se former et s'accumuler sur les pales des éoliennes. Ce phénomène de givrage est caractéristique des régions au climat froid, mais il peut également être observé en France. Le givrage des pales d'éolienne se produit lorsque l'éolienne est soumise à un hydrométéore<sup>1</sup> givrant contenant des gouttelettes d'eau à l'état liquide à des températures inférieures au point de congélation (0 °C).

Ces gouttelettes d'eau surfondues se retrouvent :

- en altitude, sous forme de nuages à des températures entre 0 et - 40 °C,
- au sol, sous forme de brouillard givrant, de neige mouillée, de bruine ou de pluie verglaçante.

Lorsque les gouttelettes d'eau surfondues heurtent la surface des pales, elles peuvent geler instantanément et former, par accumulation des gouttelettes les unes sur les autres, une surface rugueuse qui épouse généralement la forme du profil (givre).

Si les gouttelettes d'eau ne gèlent pas instantanément au contact des pales, elles s'unissent pour former des gouttes de surface. Ces gouttes croissent et se solidifient partiellement. Elles s'unissent et ruissellent sur la surface du profil sous l'effet des forces aérodynamiques. La glace ainsi formée, appelée verglas, possède une surface très peu rugueuse et les formes résultantes sont très variables.

Ce type de chute de glace est similaire à ce qu'on observe sur d'autres bâtiments et infrastructures.

L'étude WECO<sup>2</sup> présente une carte d'Europe qui indique le nombre moyen de jours conduisant à la formation de givre par an (Figure 112). Le projet est localisé dans une zone "risque de glace léger" (de 2 à 7 jours par an).

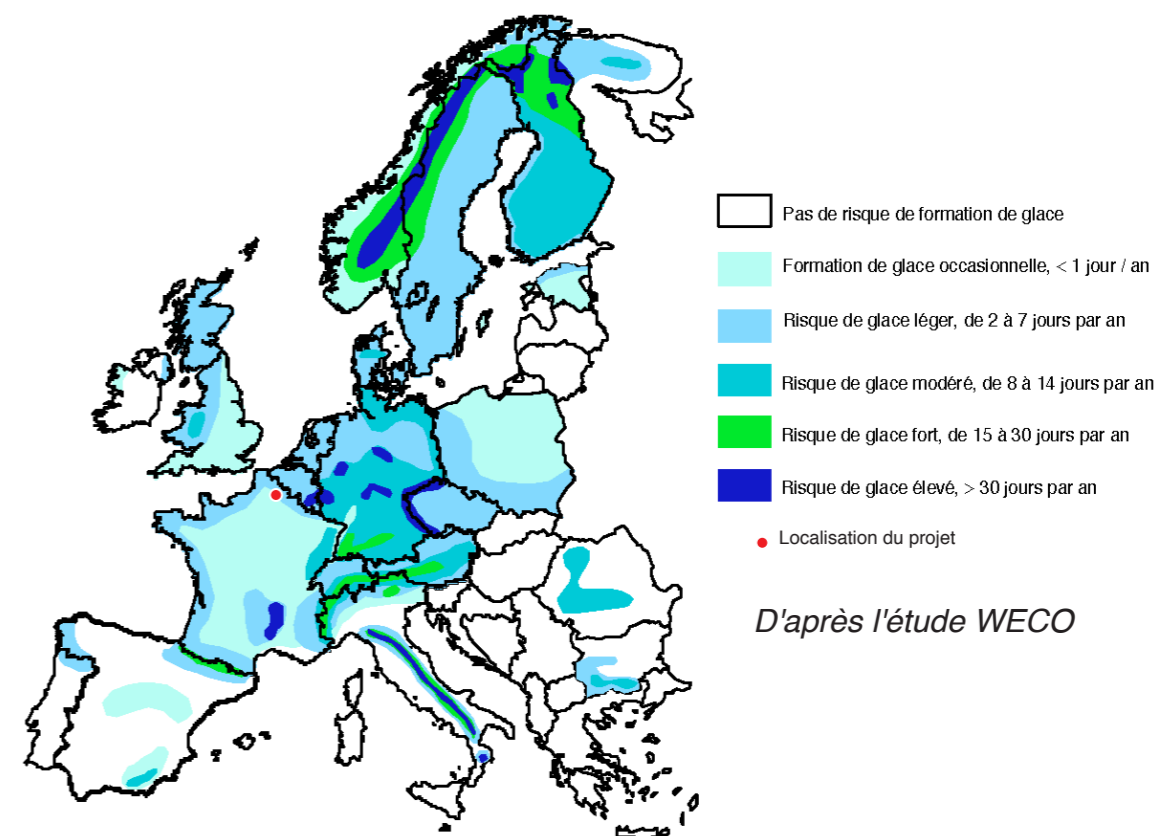


Figure 112 : Localisation des zones à risque de glace (rappel de la Figure 32)

### J.8.2.2.2 - Analyse des conséquences

Le givre et le verglas diminuent les performances aérodynamiques en provoquant des pertes de puissance et par conséquent des pertes énergétiques (non étudié dans ce rapport). Par ailleurs, la couche de glace formée sur les trois pales de l'éolienne peut être irrégulière, ce qui engendre un déséquilibre du rotor et provoque des oscillations indésirables.

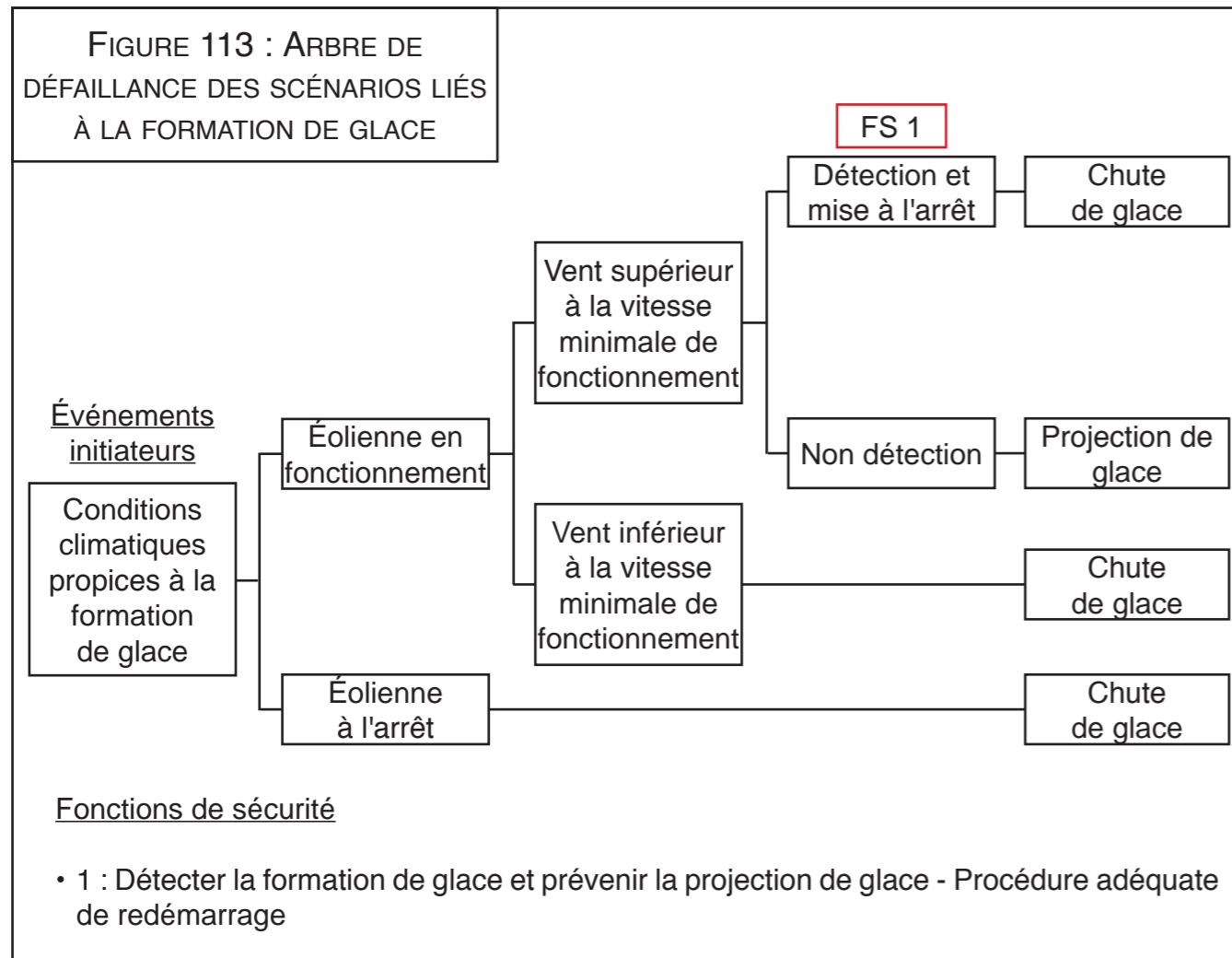
La formation de glace sur les pales est dangereuse car d'épais blocs de glace peuvent se détacher de l'éolienne et atteindre des cibles situées dans son voisinage.

1 : Les hydrométéores concernent l'ensemble des phénomènes liés au comportement de l'eau dans l'atmosphère.

2 : Wind energy in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. - Finnish Meteorological Institute, Helsinki - 2000

**J.8.2.2.3 - Représentation sous forme d'arbre de défaillance et analyse des fonctions de sécurité**

Les scénarios d'accident liés à la formation de glace sont schématisés sur la figure suivante :



Une fonction de sécurité est identifiée sur cette figure.

De plus, chaque chemin d'accès aux éoliennes est équipé d'un panneau annonçant le risque de chute de glace (fonction de sécurité 2 : prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace).

**J.8.2.2.4 - Scénario de chute de glace**

• 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 du Moulin de Jérôme, la zone d'effet a donc un rayon de 50,5 mètres.

Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

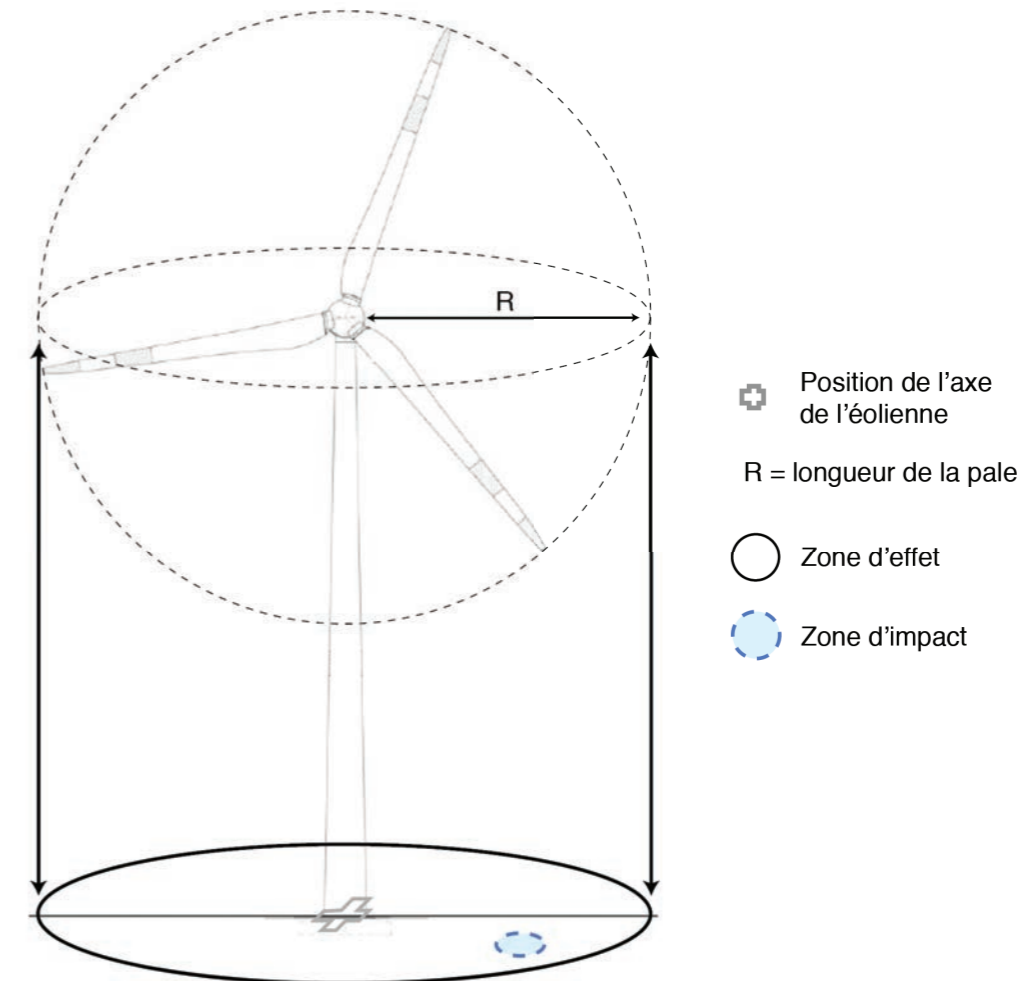


Figure 114 : Schéma du scénario chute de glace

• Intensité

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

Le tableau qui suit permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace. L'intensité est nulle hors de la zone de survol.

Chute de glace			
Zone d'impact (en m <sup>2</sup> )	Zone d'effet du phénomène étudié (en m <sup>2</sup> )	Degré d'exposition du phénomène étudié (en %)	Intensité
SG	$\pi \times R^2$	$\frac{\text{Zone d'impact}}{\text{Zone d'effet du phénomène}}$	
1	8012	0,01 (< 1 %)	Modéré

R : longueur de pale      SG : surface du morceau de glace majorant (SG = 1 m<sup>2</sup>).

• Gravité

On identifie les cibles humaines potentielles dans la surface d'effet de chaque éolienne. Aucune personne exposée n'est comptabilisée au-delà de cette zone d'impact.

Étant données les distances d'effets calculées, les chutes de glace peuvent atteindre les personnes situées dans les champs et sur les chemins autour du site. Pour le calcul du nombre de personnes permanentes ou équivalent, on se réfère au premier tableau du chapitre "J.8.1.3 - Gravité", page 342.

Le tableau suivant rappelle les correspondances entre la gravité et le nombre de personnes exposées pour une exposition modérée :

Gravité	"Désastreux"	"Catastrophique"	"Important"	"Sérieux"	"Modéré"
Nombre de personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Moins de 10 personnes exposées	Présence humaine exposée inférieure à "une personne"

Le tableau suivant indique ainsi, pour chaque aérogénérateur, d'après un calcul majorant, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité associée :

Chute de glace			
Éoliennes	Nombre de personnes permanentes ou équivalent et hypothèses retenues		Gravité
E1 à E4	0,01	terrains non aménagés	Modéré

• Probabilité

De façon conservatrice, l'INERIS considère que la probabilité est de classe "A", c'est-à-dire une probabilité supérieure à 10<sup>-2</sup>.

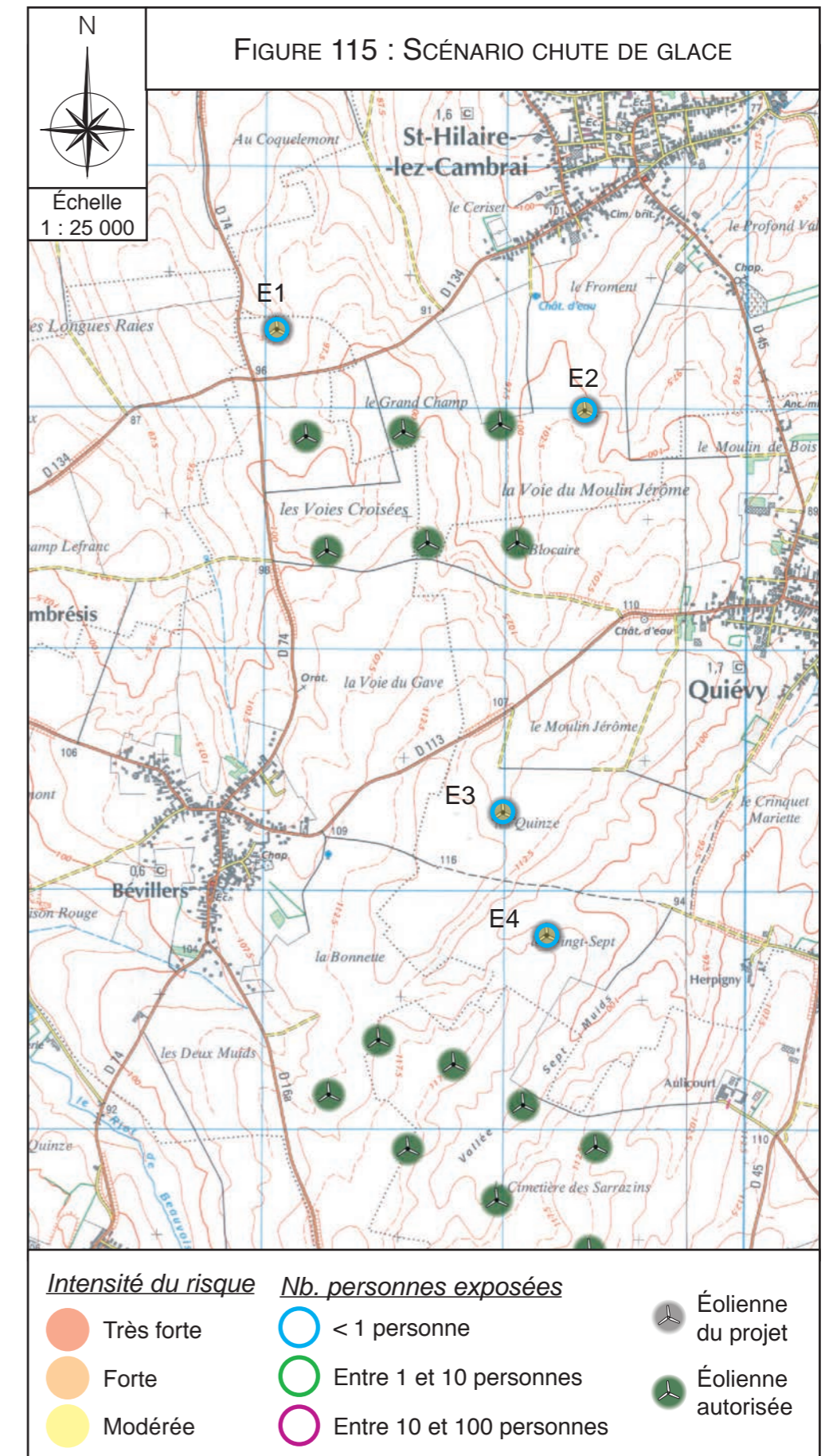
• Évaluation des risques - Acceptabilité

Les différents éléments d'évaluation des accidents associés à une chute de glace sont présentés ci-dessous. Ils sont basés sur les règles de comptage et sur les modélisations présentées précédemment.

Les accidents "chute de glace" pour chacune des éoliennes sont positionnés dans la matrice de criticité ci-dessous.

Gravité	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5. Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
4. Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
3. Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
2. Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
1. Modéré	Green	Green	Green	Green	X

Éoliennes	E 101
Diamètre du rotor (m)	101,0
Nb. d'éoliennes du champ	4
Hauteur du mât (m)	99,0
Surface d'effet (m <sup>2</sup> )	8012
Diamètre du mât (m)	7
Cinétique	Rapide
Intensité	Modéré
Fréquence (/an) et classe	> 10 <sup>-2</sup> (A)
Gravité	Modéré



On détermine que le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

Conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, c'est-à-dire en amont de la zone d'effet de ce phénomène. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

### J.8.2.2.5 - Scénario de projection de glace

#### • 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.

La modélisation de la projection de blocs de glace depuis les pales d'une éolienne est complexe. Elle dépend étroitement du mode de formation de la glace (givre, glace), de la taille des blocs, du profil d'aile, de la vitesse de rotation de la pale, de l'utilisation d'un système de dégivrage, etc.

Plusieurs études ont été menées afin d'étudier ce phénomène de givrage. La projection de glace a fait l'objet de développement de plusieurs modèles théoriques et de collecte de données expérimentales. L'étude WECO recommande, au regard des modèles théoriques développés et des données expérimentales recueillies, de maintenir une distance de sécurité (pour les sites présentant un niveau de risque de formation de givre / glace élevé), entre l'éolienne et les cibles les plus proches égale à :

$1,5 \times [\text{hauteur de moyeu} + \text{diamètre de rotor}],$   
soit 300,0 m pour chacune des éoliennes de notre projet.

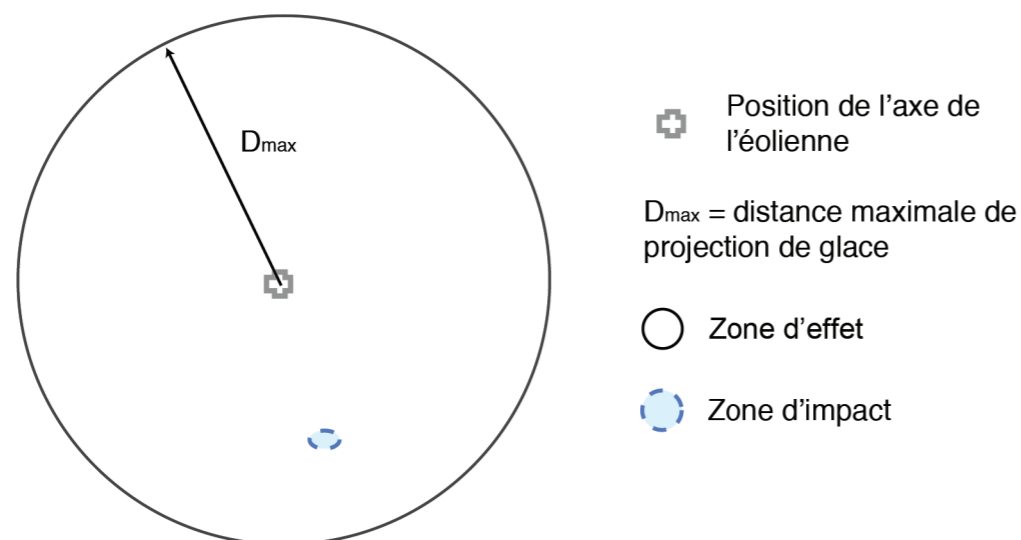


Figure 116 : Schéma du scénario projection de glace

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures (*Risk analysis of ice throw from wind turbines*, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003). 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.

#### • Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m<sup>2</sup>) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau suivant permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien du projet.

Projection de morceaux de glace			
Zone d'impact (en m <sup>2</sup> )	Zone d'effet du phénomène étudié (en m <sup>2</sup> )	Degré d'exposition du phénomène étudié (en %)	Intensité
SG = 1 m <sup>2</sup>	$\pi \times [1,5 \times (H + 2R)]^2$	Zone d'impact ÷ Zone d'effet du phénomène	
1	282 743	0,0004	Modérée

H : hauteur au moyeu (99,0 m),  
R : longueur de pale (rayon du rotor : 50,5 m),  
SG : surface majorante d'un morceau de glace (1 m<sup>2</sup>).

• Gravité

On identifie les cibles humaines potentielles dans la surface d'effet de chaque éolienne.

Étant données les distances d'effets calculées, les projections de morceaux de glace peuvent atteindre les personnes situées dans les champs et sur les chemins autour du site, ainsi que sur une partie des RD 74 et RD 134 près de l'éolienne E1. Pour le calcul du nombre de personnes permanentes ou équivalent, on se réfère au premier tableau du chapitre "J.8.1.3 - Gravité", page 342.

Le tableau suivant rappelle les correspondances entre la gravité et le nombre de personnes exposées pour une exposition d'intensité modérée :

Gravité	"Désastreux"	"Catastrophique"	"Important"	"Sérieux"	"Modéré"
Nombre de personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Moins de 10 personnes exposées	Présence humaine exposée inférieure à "une personne"

L'INERIS a observé dans la littérature disponible qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent donc pas nécessairement être comptabilisées pour le calcul de la gravité. Toutefois, dans une approche majorante, pour englober les personnes hors véhicules dans l'estimation de la gravité, nous les comptabilisons dans le tableau suivant.

Projection de morceaux de glace			
Éoliennes	Nombre de personnes permanentes ou équivalent et hypothèses retenues		Gravité
E1	5,60	RD 74 : 590 m, RD 134 : 495 m, chemins et petites routes : 180 m et terrains non aménagés	Sérieux
E2	0,32 à 0,35	chemins : 1090 m et terrains non aménagés	Modéré
E3		chemins : 855 m et terrains non aménagés	
E4		chemins : 665 m et terrains non aménagés	

• Probabilité

De façon conservatrice, l'INERIS considère que la probabilité est de classe "B", c'est-à-dire une probabilité comprise entre  $10^{-3}$  et  $10^{-2}$ .

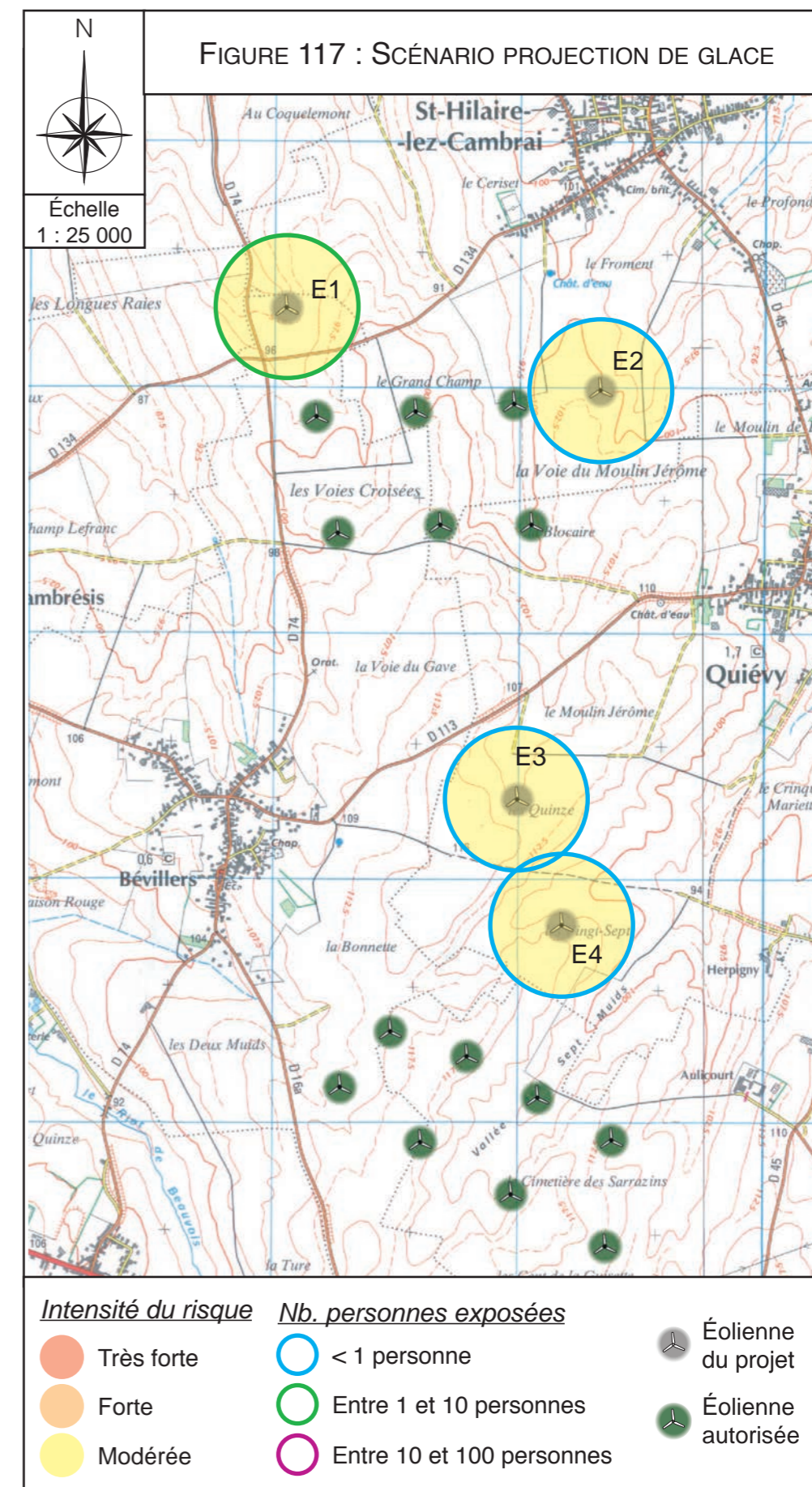
• Évaluation des risques - Acceptabilité

La figure suivante reprend les éléments nécessaires à l'estimation de l'acceptation du risque.

Les accidents "projection de glace" pour chacune des éoliennes sont positionnés dans la matrice de criticité ci-dessous.

Gravité	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5. Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
4. Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
3. Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
2. Sérieux	Green	Green	Yellow	E1	Red
1. Modéré	Green	Green	Green	E2 à E4	Yellow

Éoliennes	E 101	
	E1	E2 à E4
Diamètre du rotor (m)	101,0	
Nb. d'éoliennes du champ	4	
Hauteur du mât (m)	98,5	
Surface d'effet (m <sup>2</sup> )	287 000	
Diamètre du mât (m)	7	
Cinétique	Rapide	
Intensité	Modérée	
Fréquence (/an) et classe	10 <sup>-2</sup> à 10 <sup>-3</sup> (B)	
Gravité	Modéré	Sérieux



Rappelons que l'INERIS a retenu la probabilité de classe B de façon conservatrice.

Le risque est jugé acceptable par l'INERIS pour le niveau de gravité "Modéré" pour les aérogénérateurs. Pour le niveau de gravité "Sérieux", les fonctions de sécurité (capteurs de vibrations qui entraînent un réglage rapide des pales de l'éolienne en position drapeau, se traduisant par un arrêt de la rotation) rendent également acceptable le risque.

Précisons en outre que les probabilités correspondent aux probabilités d'occurrence du phénomène dangereux qui est plus important que la probabilité d'atteinte d'une cible.

Des panneaux d'information installés au pied des machines signaleront ce risque.

Pour le projet, le phénomène de projection de glace constitue donc un risque acceptable pour les personnes.



### J.8.2.3 - Chute et projection d'éléments de l'éolienne

L'événement redouté central de ce scénario est une rupture d'une pale ou d'un fragment de pale.

En cas de détachement d'une pale du rotor pendant la rotation, la pale sera projetée dans la direction qui prolonge la surface du rotor.

#### J.8.2.3.1 - Analyse des événements initiateurs

Les causes potentielles identifiées menant à l'événement redouté central sont présentées dans le tableau ci-dessous, à lire conjointement avec l'arbre d'évènement.

N°	Événement initiateur	Événement redouté intermédiaire	Description de l'événement initiateur	Mesures contribuant à réduire la probabilité de l'événement initiateur	Fonction de sécurité associée (FS)
1	Orage, foudre	Fragilisation d'une pale pouvant conduire à la rupture	Coup de foudre sur l'aérogénérateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Système de protection foudre de l'éolienne qui prévient toute dégradation de l'éolienne</li> <li>- Contrôle périodique tous les 4 ans de la mise à la terre et inspection visuelle du système foudre 3 fois par an (opérations de maintenance définies par l'arrêté de 26 août 2011)</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 6</b> Prévenir les effets de la foudre</p> <p><b>Fonction de sécurité 10</b> Prévenir les erreurs de maintenance</p>
2	Érosion, tirs de chasse, malveillance	Fragilisation d'une pale pouvant conduire à la rupture	La fragilisation du bord de fuite peut entraîner la rupture d'une pale	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opération de maintenance définie par l'arrêté de 26 août 2011</li> <li>- Respect des normes européennes</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 9</b> Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage</p> <p><b>Fonction de sécurité 10</b> Prévenir les erreurs de maintenance</p> <p><b>Fonction de sécurité 11</b> Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort</p>

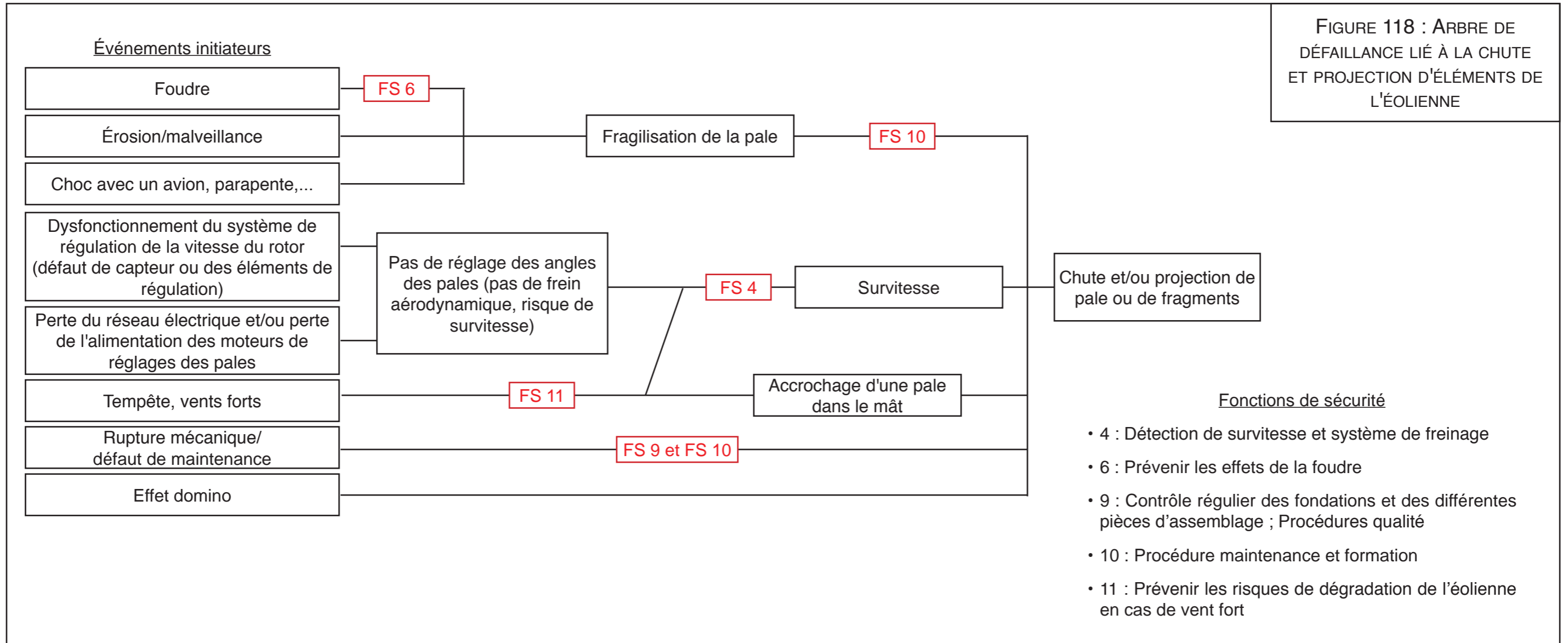
N°	Événement initiateur	Événement redouté intermédiaire	Description de l'événement initiateur	Mesures contribuant à réduire la probabilité de l'événement initiateur	Fonction de sécurité associée (FS)
3	Choc avec un aéronef/ parachute/ parapente/ modélisme	Rupture d'une pale ou d'un fragment de pale		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consultation préalable de l'armée lors de l'élaboration du projet</li> <li>- Implantation éloignée des aéroports</li> <li>- Respect de l'arrêté du 13 novembre 2009 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques</li> <li>- Balisage : 2 balises par éolienne : flash rouge la nuit type B MI (2000cd) / flash blanc le jour type A MI (20000cd)</li> <li>- Balisage intermédiaire pour les hauteurs &gt; 150 m en bout de pale (sur le fût du mât)</li> <li>- Balisage sur batteries en cas de perte du réseau électrique (autonomie 12 h - DGAC prévenue)</li> <li>- Couleur éolienne : blanche</li> <li>- Éoliennes indiquées sur les plans de vol</li> </ul>	<p align="center"><b>Fonction de sécurité 10</b> Prévenir les erreurs de maintenance</p>
4	Dysfonctionnement du système de contrôle de la vitesse du rotor	Survitesse entraînant la rupture d'une pale	Plusieurs causes peuvent entraîner ce dysfonctionnement : défaillance d'un capteur de mesure (vitesse de vent, vitesse du rotor, ...), du système d'inclinaison des pales (pitch),...	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Signal d'alerte SCADA en cas de déclenchement d'un capteur de sécurité</li> <li>- Dès qu'il y a un écart sur l'angle des pitch des 3 pales la machine s'arrête</li> <li>- Indépendance des systèmes d'inclinaison des pales (une pale en drapeau suffit pour freiner la machine)</li> <li>- Système de sécurité indépendant contre la survitesse avec la présence d'un frein hydraulique indépendant du frein aérodynamique</li> <li>- Arrêt de la machine en cas d'incohérence des valeurs mesurées (angles des pales, vitesse de rotation du rotor et de l'arbre lent,...) ou de défaillance du système de contrôle</li> <li>- Mesure redondante des vitesses de rotation, arrêt en cas d'incohérence des mesures</li> </ul>	<p align="center"><b>Fonction de sécurité 4</b> Prévenir la survitesse</p>

N°	Événement initiateur	Événement redouté intermédiaire	Description de l'événement initiateur	Mesures contribuant à réduire la probabilité de l'événement initiateur	Fonction de sécurité associée (FS)
5	Défaut d'alimentation du système d'inclinaison des pales et/ou perte du réseau électrique	Survitesse entraînant la rupture d'une pale	Perte de l'alimentation du système de réglage des pales ne permettant pas l'arrêt de l'éolienne	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Batteries de secours situées dans la partie Rotor</li> <li>- Arrêt de l'éolienne en cas de coupure de l'alimentation par le réseau public</li> <li>- Présence de batteries ou d'onduleur sur les équipements de sécurité (balisage lumineux, système de commande)</li> <li>- Accumulateurs hydropneumatiques de secours situées dans la partie Rotor</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 4</b> Prévenir la survitesse</p>
6	Vent fort, tempête	Pliage d'une pale et contact avec le mât	Des vents violents pourraient entraîner une déformation / pliage des pales. En cas de contact de la pale avec le mât, la pale pourrait se rompre et être projetée.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Études de vent</li> <li>- Design des éoliennes selon la norme IEC 61400.</li> <li>- En cas de vents violents, mise en position de la machine pour minimiser les contraintes (position face au vent, position des pales en drapeau)</li> <li>- Conception distance minimale entre la tour et la pale</li> <li>- Contrôle continu de la courbe de puissance</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 4</b> Prévenir la survitesse</p> <p><b>Fonction de sécurité 11</b> Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort</p>
7	Défaut de construction / de montage	Rupture mécanique (fixation main carrier / châssis...) conduisant à la chute ou projection	Un défaut de construction, conception, montage (boulons...), d'entretien, le vieillissement ou la corrosion peuvent être à l'origine d'une rupture / détachement de la pale et d'une projection de celle-ci.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Étude de sol</li> <li>- Opérations de maintenance définies par l'arrêté de 26 août 2011</li> </ul>	<p><b>Fonction de sécurité 9</b> Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage</p> <p><b>Fonction de sécurité 10</b> Prévenir les erreurs de maintenance</p>
8	Projection d'une pale d'une éolienne voisine	Rupture d'une pale par effet domino	Une projection de pale d'une éolienne du champ peut venir heurter une éolienne voisine et occasionner des dommages sérieux sur l'éolienne touchée comme une rupture de pale.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respect des distances d'éloignement préconisées par le constructeur</li> </ul>	

**J.8.2.3.2 - Représentation sous forme d'arbre de défaillance et analyse des fonctions de sécurité**

Les scénarios d'accident liés à une rupture et une projection d'une pale sont représentés sur la figure suivante.

Cinq fonctions de sécurité sont identifiées



### J.8.2.3.3 - Scénario de Chute d'éléments de l'éolienne

#### • Zone d'effet

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.

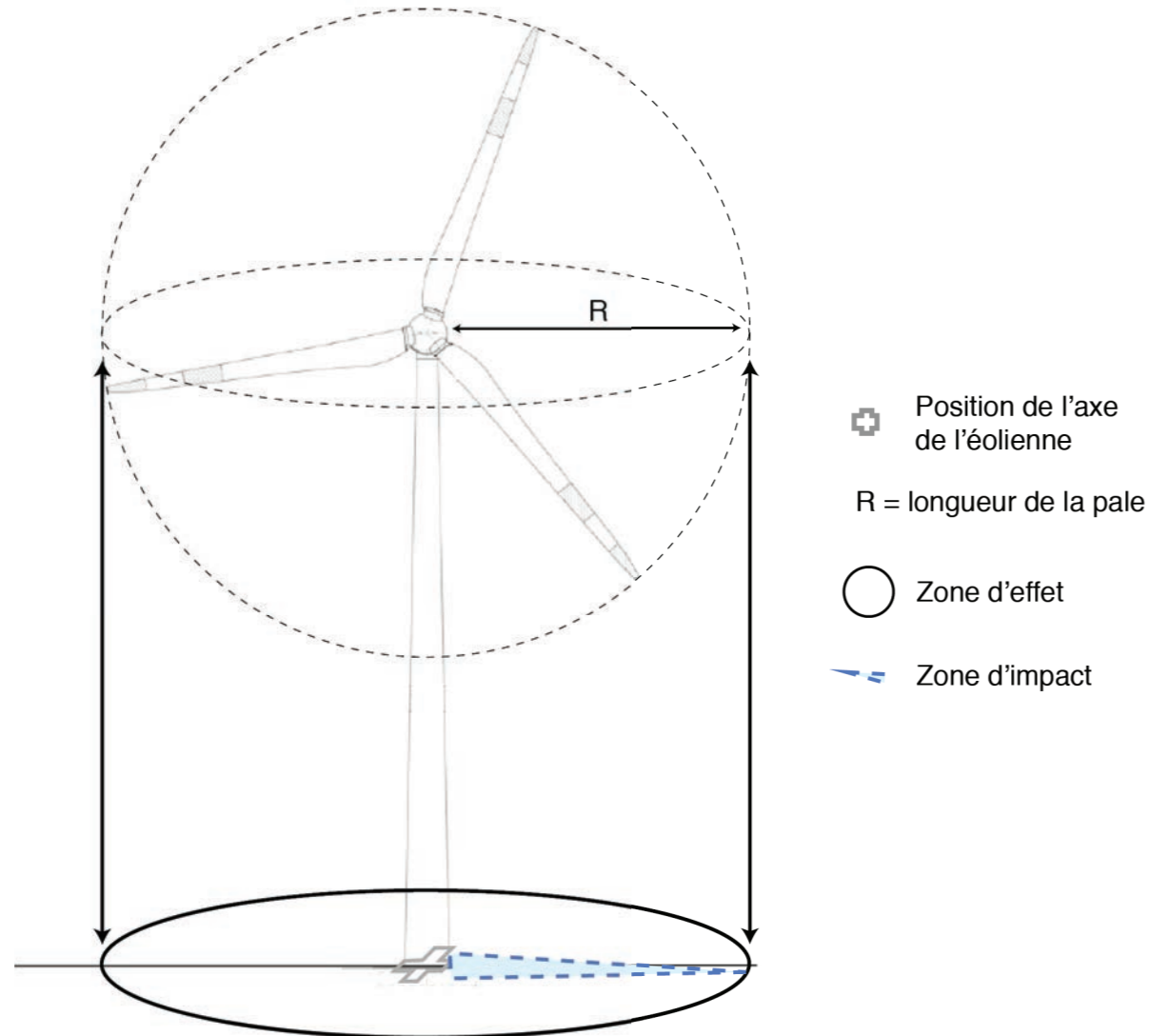


Figure 119 : Schéma du scénario chute d'élément d'éolienne

#### • 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, figure ci-contre).

Le tableau suivant permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments d'une éolienne du projet.

Chute d'éléments de l'éolienne			
Zone d'impact (en m <sup>2</sup> )	Zone d'effet du phénomène étudié (en m <sup>2</sup> )	Degré d'exposition du phénomène étudié (en %)	Intensité
$R \times LB / 2$	$\pi \times R^2$	Zone d'impact ÷ Zone d'effet du phénomène	
151,5	8012	1,89	Fort

R : longueur de pale      LB : largeur de la base de la pale

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

• Gravité

On identifie les cibles humaines potentielles dans la surface d'effet de chaque éolienne.

Étant données les distances d'effets calculées, les chutes de glace peuvent atteindre les personnes situées dans les champs et sur les chemins autour du site. Pour le calcul du nombre de personnes permanentes ou équivalent, on se réfère au premier tableau du chapitre "J.8.1.3 - Gravité", page 342.

Le tableau suivant rappelle les correspondances entre la gravité et le nombre de personnes exposées pour une exposition d'intensité forte :

Gravité	"Désastreux"	"Catastrophique"	"Important"	"Sérieux"	"Modéré"
Nombre de personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 1 et 10 personnes exposées	Au plus 1 personne exposée	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement

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

Chute d'éléments de l'éolienne			
Éoliennes	Nombre de personnes permanentes ou équivalent et hypothèses retenues		Gravité
E1 à E4	0,01	terrains non aménagés	Sérieux

• Probabilité

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité "C" : 2 chutes et 5 incendies pour 15 667 éoliennes x années d'expérience, soit  $4,47.10^{-4}$  événement par éolienne et par an.

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

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

• Évaluation des risques - Acceptabilité

Les éléments permettant d'estimer l'acceptabilité du risque sont résumés sur la figure suivante.

Les accidents "chute d'éléments de l'éolienne" sont positionnés dans la matrice de criticité ci-dessous.

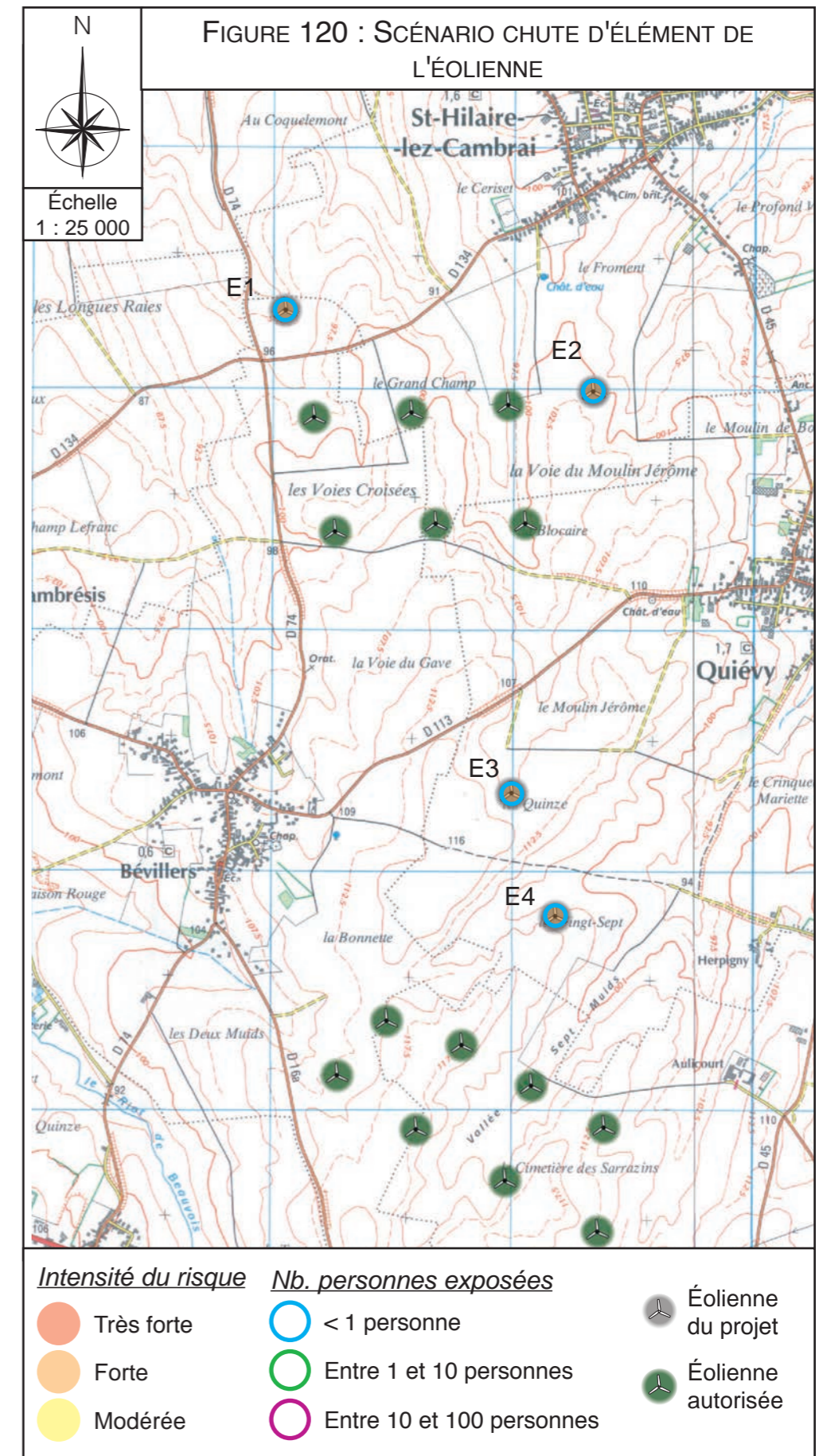
Gravité	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5. Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
4. Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
3. Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
2. Sérieux	Green	Green	X	Yellow	Red
1. Modéré	Green	Green	Green	Green	Yellow

Éoliennes	E 101
Diamètre du rotor (m)	101,0
Nb. d'éoliennes du champ	4
Hauteur du mât (m)	99,0
Surface d'effet (m <sup>2</sup> )	8012
Diamètre du mât (m)	7
Cinétique	Rapide
Intensité	Forte
Fréquence (/an) et classe	10 <sup>-3</sup> à 10 <sup>-4</sup> (C)
Gravité	Sérieux

Avec une classe de probabilité "C", le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme nécessitant la mise en œuvre de mesures de sécurité.

Or, nous avons vu que six fonctions de sécurité sont impliquées dans la maîtrise de ce risque (Figure 118).

Ainsi, pour le parc éolien du Moulin de Jérôme, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.



### J.8.2.3.4 - Scénario de projection de pales ou de fragments de pales

#### • Zone d'effet

Dans l'accidentologie française, 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 (Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum). L'analyse de ce recueil d'accidents indique une distance maximale de projection de l'ordre de 500 mètres à deux exceptions près :

- 1300 m rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006,
- 1000 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, en particulier les études :

- *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.*

**Sur la base de ces éléments et de façon conservatrice, l'INERIS considère une distance d'effet de 500 mètres. Cette distance paraît raisonnable pour la prise en compte des projections de pales ou de fragments de pales dans le cadre des études de dangers des parcs éoliens.**

#### • Intensité

Pour le phénomène de projection de 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 (500 m).

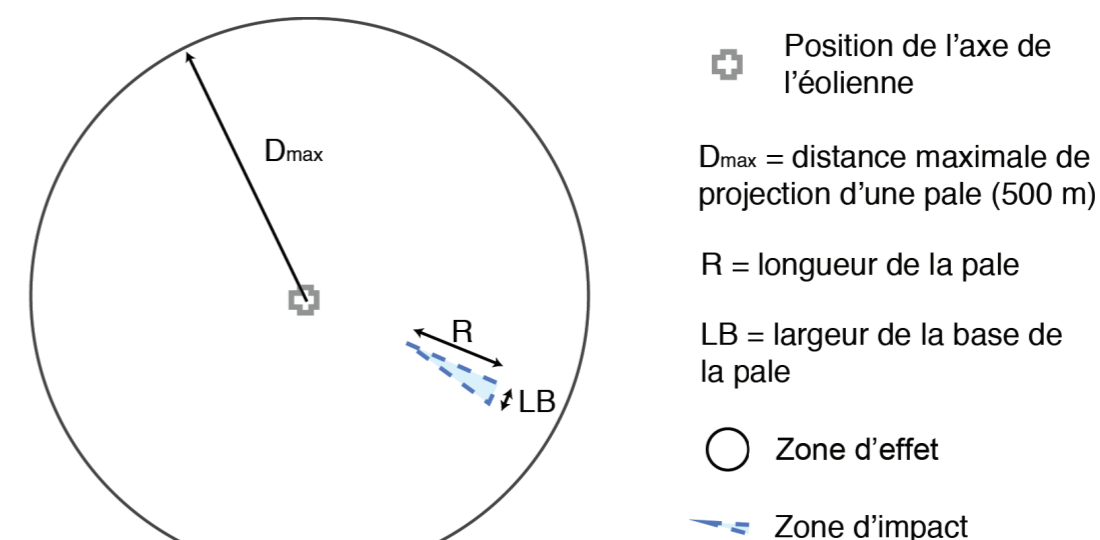


Figure 121 : Schématisation du scénario projection de pale

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

Projection de fragment de pale			
Zone d'impact (en m <sup>2</sup> )	Zone d'effet du phénomène étudié (en m <sup>2</sup> )	Degré d'exposition du phénomène étudié (en %)	Intensité
$R \times LB / 2$	$\pi \times D_{max}^2$	Zone d'impact ÷ Zone d'effet du phénomène	
151,5	785 398	0,019	Modérée

$D_{max}$  : 500 m    LB : la largeur de la base de la pale



• Gravité

On identifie les cibles humaines potentielles dans la surface d'effet de chaque éolienne.

Étant données les distances d'effets calculées, la projection d'éléments d'éoliennes peut atteindre les personnes situées dans les champs, sur les chemins et petites routes autour du site, sur les RD 134 et RD 74 pour l'éolienne E1 et sur la RD 113 pour l'éolienne E3. Pour le calcul du nombre de personnes permanentes ou équivalent, on se réfère au premier tableau du chapitre "J.8.1.3 - Gravité", page 342.

Le tableau suivant rappelle les correspondances entre la gravité et le nombre de personnes exposées pour une exposition d'intensité modérée :

Gravité	"Désastreux"	"Catastrophique"	"Important"	"Sérieux"	"Modéré"
Nombre de personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Moins de 10 personnes exposées	Présence humaine exposée inférieure à "une personne"

On suppose que le centre de gravité de la pale est situé au 1/3 de sa longueur. On fait l'hypothèse que le point d'impact du centre de gravité d'une pale d'éolienne est uniformément distribué à l'intérieur de la surface de projection de la pale (surface d'effet).

Les personnes exposées au seuil des effets létaux significatifs sont situées dans la zone d'impact : disque centré sur le point d'impact du centre de gravité de la pale et de rayon égal aux 2/3 de la longueur de la pale.

Projection de fragment de pale			
Éoliennes	Nombre de personnes permanentes ou équivalent et hypothèses retenues		Gravité
E1	10,06	RD 74 : 1000 m, RD 134 : 1010 m, chemins et petites routes : 345 m et terrains non aménagés	Important
E2	0,92	chemins et petites routes : 2280 m et terrains non aménagés	Modéré
E3	3,64	RD 113 : 700 m, chemins et petites routes : 1830 m et terrains non aménagés	Sérieux
E4	0,91	chemins et petites routes : 2140 m et terrains non aménagés	Modéré

• Probabilité

Les valeurs de probabilité retenues dans la littérature pour une rupture de tout ou partie de pale sont détaillées dans le tableau suivant.

Source	Fréquence	Classe de probabilité	Justification
Site <i>Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24</i>	$1 \times 10^{-6}$	E	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
<i>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</i>	$1,1 \times 10^{-3}$	B	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
<i>Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004</i>	$6,1 \times 10^{-4}$	C	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité "C" (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit  $7,66 \times 10^{-4}$  événement par éolienne et par an). Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité "C" : "Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité". Une probabilité de classe "C" est donc retenue par défaut pour ce type d'événement.

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

- les dispositions de la norme IEC 61 400-1,
- les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre,
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage,
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations,
- 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 donc considéré que la classe de probabilité de l'accident est "D" : "S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité."**

• Évaluation des risques - Acceptabilité

La carte ci-contre résume les éléments d'estimation de l'acceptabilité du risque.

Les accidents "projection de pale ou de fragment de pale" sont positionnés dans la matrice de criticité suivante.

Gravité	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5. Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
4. Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
3. Important	Yellow	E1	Yellow	Red	Red
2. Sérieux	Green	E3	Yellow	Yellow	Red
1. Modéré	Green	E2 et E4	Green	Green	Yellow

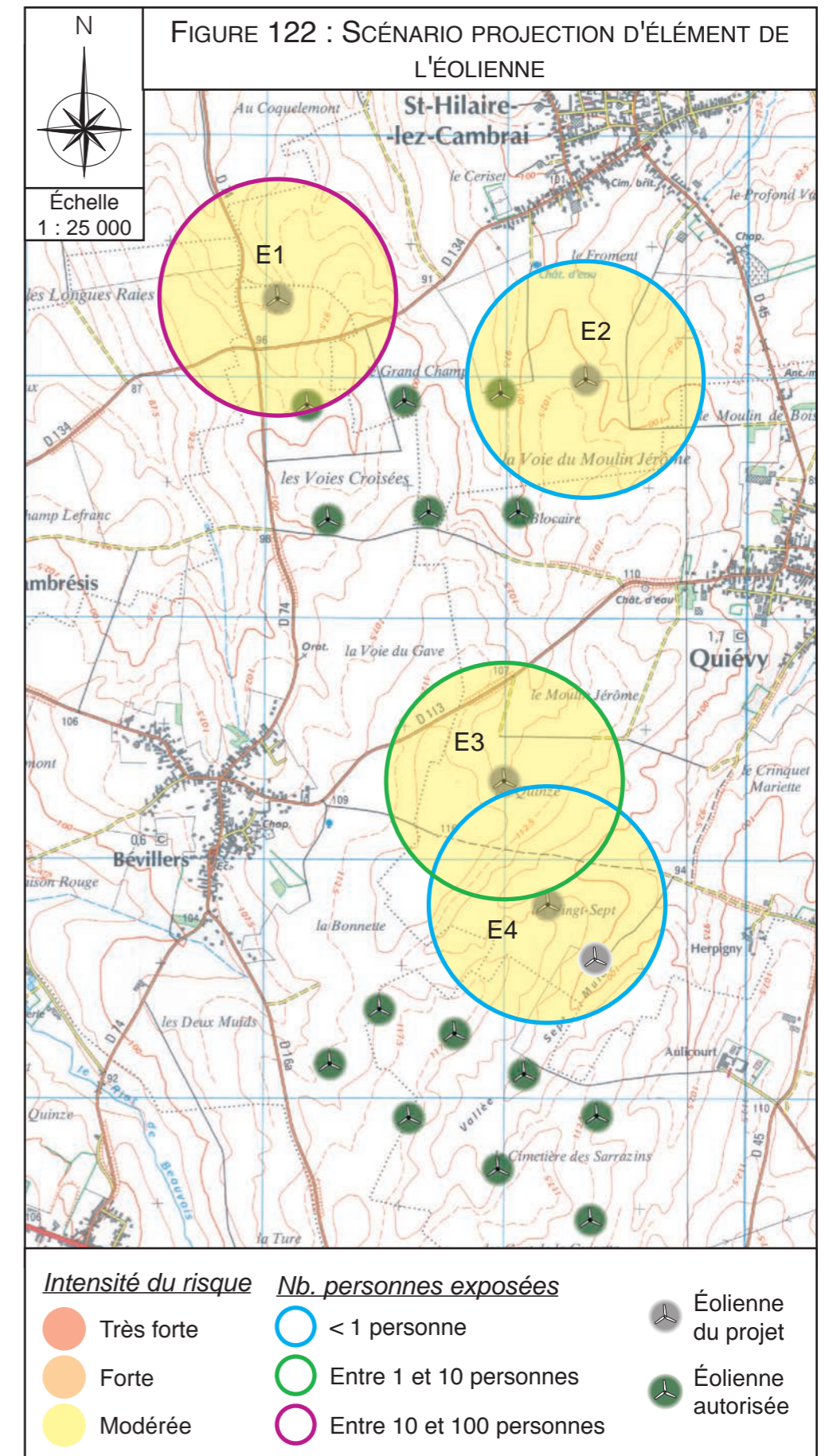
Éoliennes	E 101		
	E1	E3	E2 et E4
Diamètre du rotor (m)	101,0		
Nb. d'éoliennes du champ	4		
Hauteur du mât (m)	99,0		
Surface d'effet (m <sup>2</sup> )	785 398		
Diamètre du mât (m)	7		
Cinétique	Rapide		
Intensité	Modérée		
Fréquence (/an) et classe	10 <sup>-5</sup> à 10 <sup>-4</sup> (D)		
Gravité	Important	Sérieux	Modéré

Avec une classe de probabilité de "D", le risque de projection de tout ou partie de pale pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable par l'INERIS dans le cas d'un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 1000 dans la zone d'effet.

Les 5 fonctions de sécurité contribuent à rendre ce risque acceptable notamment pour l'éolienne E1, pour laquelle plus de 10 personnes équivalentes sont concernées.

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

Notons que si la classe de probabilité C était retenue, le risque serait encore acceptable.



## J.8.3 - EFFET DOMINO

### J.8.3.1 - Définition et méthode

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 » (description faite par l'Ineris<sup>1</sup>).

En ce qui concerne les accidents sur des aérogénérateurs qui conduiraient à des effets dominos sur d'autres installations, le paragraphe 1.2.2 de la circulaire du 10 mai 2010 précise : « [...] seuls les effets dominos générés par les fragments sur des installations et équipements proches ont vocation à être pris en compte dans les études de dangers [...]. Pour les effets de projection à une distance plus lointaine, l'état des connaissances scientifiques ne permet pas de disposer de prédictions suffisamment précises et crédibles de la description des phénomènes pour déterminer l'action publique ».

C'est la raison pour laquelle, 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 ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres.

Dans le cas du projet, aucune installation n'est présente à moins de 100 m des éoliennes.

1 : Dans *Guide technique - élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens*, Ineris 2012, p.48

## J.8.4 - MOYENS D'INTERVENTION ET DE LIMITATION DES CONSÉQUENCES

### J.8.4.1 - Rôle des différentes parties

Pour bien comprendre le fonctionnement des moyens d'intervention et de surveillance, il est nécessaire d'expliquer la répartition des rôles entre la société d'exploitation, Energieteam et Enercon, le constructeur retenu.

La société d'exploitation délègue la maîtrise d'ouvrage et l'exploitation du site à **Energieteam exploitation** via des contrats d'assistance à maîtrise d'ouvrage, de gestion technique et d'exploitation.

Le constructeur des éoliennes garantit les performances des machines durant la durée d'exploitation : production, performances acoustiques, maintenance préventive et contrôle visuel des éléments vitaux des machines.

Tous les constructeurs disposent d'un centre de supervision des éoliennes à partir duquel l'arrêt à distance des machines est possible ainsi que des équipes de techniciens d'astreintes 24h/24, 7j/7.

#### • Les missions d'Energieteam Exploitation en tant qu'assistance à Maîtrise d'ouvrage

- La sélection des intervenants nécessaires à la construction, des comptes rendus ;
- La négociation et conclusion des contrats de réalisation des travaux (lots : éoliennes, génie civil, lot électrique, voirie, divers),
- La réalisation des constats ou procédures préventives destinées à sauvegarder les intérêts du Maître d'Ouvrage :
  - La relation avec les tiers (autorités, services de l'État, EDF obligation d'achat, ERDF, FT, propriétaires, riverains,...),
  - Choix des assurances,
  - Réception des travaux,
  - Établissement des dossiers relatifs aux travaux exécutés,
  - Élaboration et suivi du budget et établissement du prix définitif du parc,
  - Contrôle et visa de dépenses engagées par le Maître d'Ouvrage, contrôle des situations de travaux, signature des décomptes généraux définitifs,
  - Missions juridiques.
- La préparation technique et la commande des diverses missions de contrôles à des sociétés spécialisés :
  - Étude géotechnique,
  - Coordination Sécurité Protection Santé,
  - Contrôle techniques : Génie civil et électrique,
  - Mise en place des bases vies du chantier,
  - Plans généraux de coordination et de contrôles.
- Le contrôle des obligations contractuelles et réglementaires des intervenants ;
- L'organisation régulière de réunions de chantiers et la diffusion

#### • Les missions d'Energieteam exploitation en tant que gestionnaire technique et exploitant du site

- Gestion technique :
  - Mise en place des Plans de prévention,
  - Gestion des sous-traitants (maintenance et autres),
  - Contrôle des accès aux équipements,
  - Suivi des contrôles réglementaires,
  - Suivi des maintenances,
  - Suivi de la mise en place de nouveaux systèmes nécessaires à l'exploitation du site (dispositifs d'échanges d'informations d'exploitations, monitoring postes, systèmes anti-intrusion, matériel de supervision),
- Inspections légales,
- Contrôle des habilitations du personnel et des sous-traitants intervenant sur site,
- Réalisation des suivis réglementaires prescrits par l'arrêté préfectoral,
- Consignation et dé-consignation des installations.

### J.8.4.2 - Chaîne d'alerte et moyens d'intervention

Les éoliennes fonctionnent de manière autonome, sans personnel sur site en permanence. Il est donc nécessaire de disposer d'un dispositif de télésurveillance et de gestion fiable.

L'accident principal nécessitant une action rapide et immédiate est avant tout l'incendie en nacelle ou en pied de mât. Vis-à-vis de ce risque, l'installation est équipée de détecteurs d'incendie, de détecteurs de fumée (un dans la tour et un dans la nacelle) qui, lors de leur déclenchement, conduisent à la mise à l'arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique.

Chaque éolienne est en outre dotée d'extincteurs, bien visibles et facilement accessibles, dans la nacelle et à la base du mât. Ces extincteurs ont pour vocation d'être utilisés en cas de problème lors d'opérations de maintenance (présence d'un opérateur sur site).

Les principaux paramètres de températures et de vitesses de rotation sont surveillés dans les différents organes de la machine. En cas d'anomalie, les détecteurs de température disposés dans la nacelle conduisent à des actions similaires aux détecteurs de fumée.

Le cheminement d'alerte provenant des éoliennes est assuré par le système SCADA de surveillance des machines. Les principaux paramètres de températures et de vitesses de rotation sont surveillés dans les différents organes de la machine. Les messages d'alertes sont acheminés jusqu'au centre de surveillance où ils sont automatiquement ré-adressés à Energieteam Exploitation par courriel et par SMS. En cas d'anomalie de fonctionnement grave, l'éolienne se met d'elle-même en arrêt et ne reprend son activité qu'après visite des techniciens de maintenance.

La transmission des informations concernant le couplage et de découplages du parc au réseau sont assurées par l'automate du poste de livraison qui envoie des SMS d'alertes et de situation à Energieteam exploitation.

Energieteam exploitation dispose d'un service d'astreinte, 24h/24, 7j/7. Une personne d'astreinte dispose d'un téléphone dédié à l'exploitation où arrivent tous les messages, ainsi qu'à un accès au système SCADA pour pouvoir superviser l'ensemble des parcs éoliens à distances.

Ce dispositif permet de déclencher les interventions sur site (normalement de maintenance). En cas d'incident grave sur le parc, la personne d'astreinte peut prévenir si besoin les autorités compétentes et les services de secours.

Le centre de secours le plus proche est celui de Caudry (rue du 8 mai 1945). Les secours peuvent donc être sur les lieux en une dizaine de minutes.

Enfin les enseignements retirés des anomalies ou des accidents constatés sont pris en compte pour éviter le renouvellement de ces dysfonctionnements.

- Supervision des éoliennes :
  - Supervision à distance (fonctionnement),
  - Suivi des levées de réserve,
  - Visites de contrôle des abords et contrôle visuel des machines et du poste de livraison,
  - Participation aux dossiers d'audits,
  - Suivis des interventions sur sites (maintenances, dépannages, contrôles sécurité...),
  - Reporting au maître d'ouvrage.
- Le suivi des contacts avec la conduite du réseau :
  - Autorisation et manœuvres d'exploitation (couplage),
  - Gestion de la facturation de l'électricité produite.
- Analyses d'exploitation :
  - Archivage des données commerciales, contractuelles, de production, d'exploitation,
  - Analyses de production et réglage des machines,
  - Contrôle des performances (courbes de puissance, comparaison aux données constructeur, contrôle des compteurs, calcul de perte, etc.),
  - Réglages acoustiques (vérifications du respect des paramétrages, conformité acoustique du site).
- Le suivi local :
  - Relations avec les riverains, les élus, et l'administration,
  - Réponses aux demandes de renseignements extérieures (DR et DICT),
  - Suivi des mesures compensatoires,
  - Suivi des mesures de rétablissement de la réception hertzienne,
  - Études ornithologiques et acoustiques complémentaires,
  - Gestion des baux, loyers et indemnités.
- Astreintes et sécurité :
  - Consigner ou faire consigner les installations,
  - Présence de personnel habilité pour exploiter, manœuvrer et consigner les postes
  - Astreinte d'exploitation 24h/24, 7j/7,
  - Coordonner les actions sur site, les risques et mise en place des Plans de Préventions et de l'affichage réglementaire,
  - Donner l'alerte aux services de secours et autres organismes concernés en cas d'incident grave sur le parc,
  - Autorisation et manœuvres d'exploitation (demande de découplage des installations).

## J.8.5 - SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

Le parc éolien du Moulin de Jérôme est composé de 4 éoliennes dans un espace de cultures. Cette situation des éoliennes en pleins champs induit une faible présence humaine.

Par la proximité de l'éolienne E1 à 2 routes départementales, l'estimation du nombre de personnes équivalentes s'élève toutefois à près de 10.

Les intensités variant en fonction du ratio zone d'impact / zone d'effet, les scénarios effondrement de la machine et chute d'un élément (cas majorant de la pale) ont des intensités fortes tandis que pour les autres scénarios l'intensité est modérée.

La gravité du phénomène, résultant de l'intensité et du nombre de personnes exposées, n'est jamais plus que "modérée" ou "sérieuse" dans le cas du parc du Moulin de Jérôme, sauf pour le scénario de projection d'élément pour l'éolienne E1 où le seuil de la gravité "importante" est atteint.

La gravité du phénomène comparée à sa probabilité d'occurrence renseigne sur son acceptabilité. Ainsi le niveau de risque est jugé acceptable pour tous les scénarios.

Pour chacun des 4 aérogénérateurs, l'ensemble des scénarios étudiés et les paramètres de cinétique, intensité, probabilité et gravité qui leur sont associés sont synthétisés dans le tableau suivant.

En synthèse, les scénarios retenus sont reportés dans la grille de criticité suivante (voir aussi "J.8.1.5 - Acceptabilité du risque", page 344).

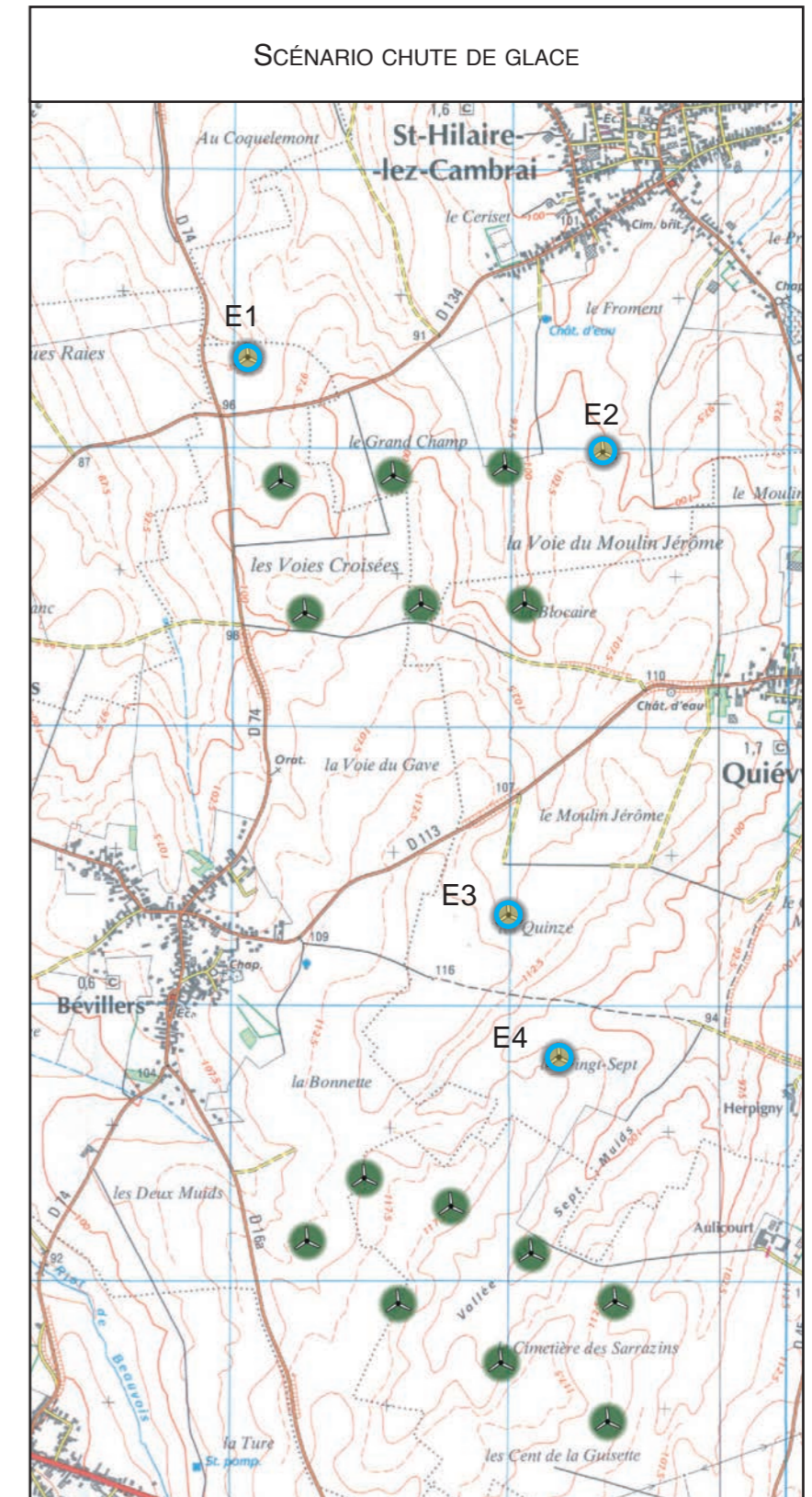
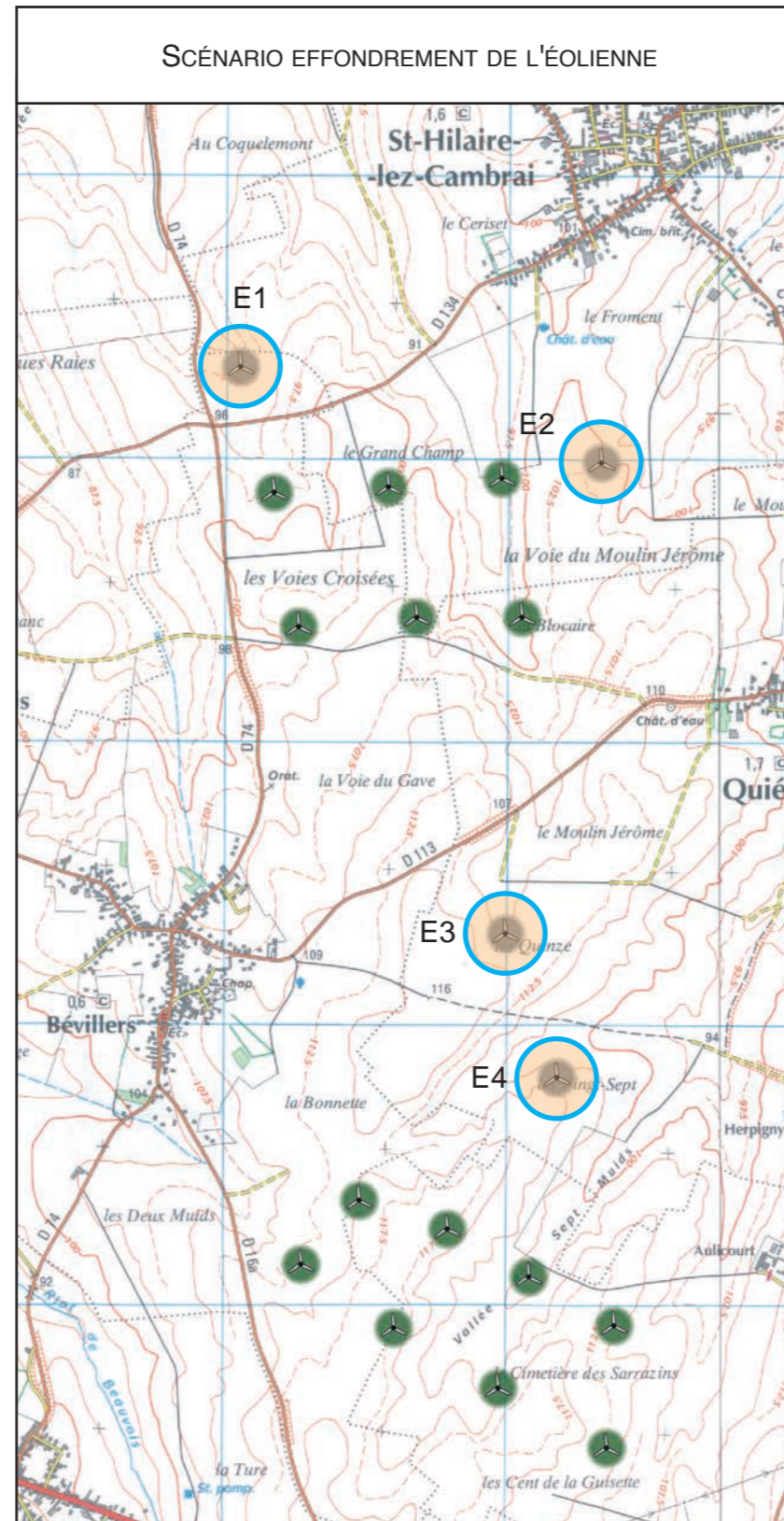
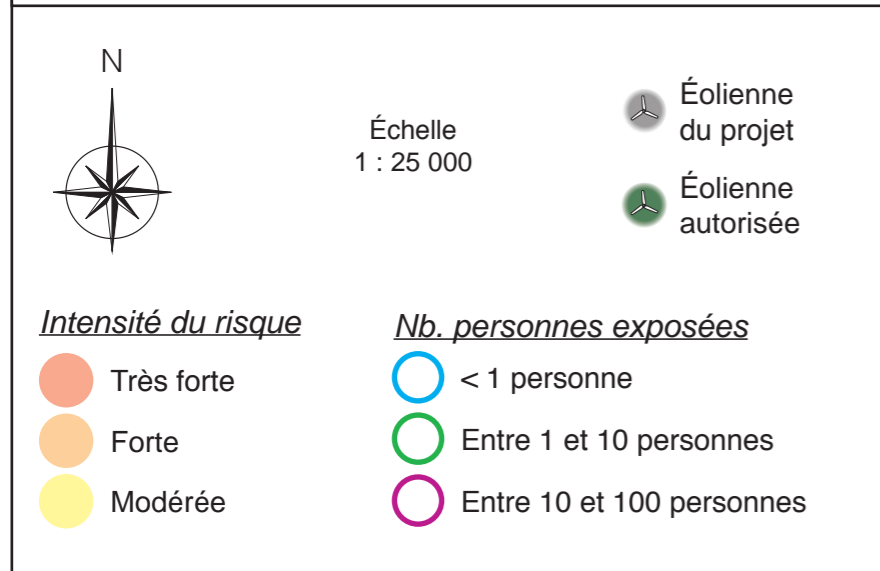
Gravité	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5. Désastreux					
4. Catastrophique					
3. Important		<u>Projection d'élément : E1</u>			
2. Sérieux		<u>Effondrement.</u> <u>Projection d'élément : E3</u>	<u>Chute d'élément</u>	<u>Projection de glace : E1</u>	
1. Modéré		<u>Projection d'élément : E2 et E4</u>		<u>Projection de glace : E2 à E4</u>	<u>Chute de glace</u>

Rappel de la légende des couleurs :

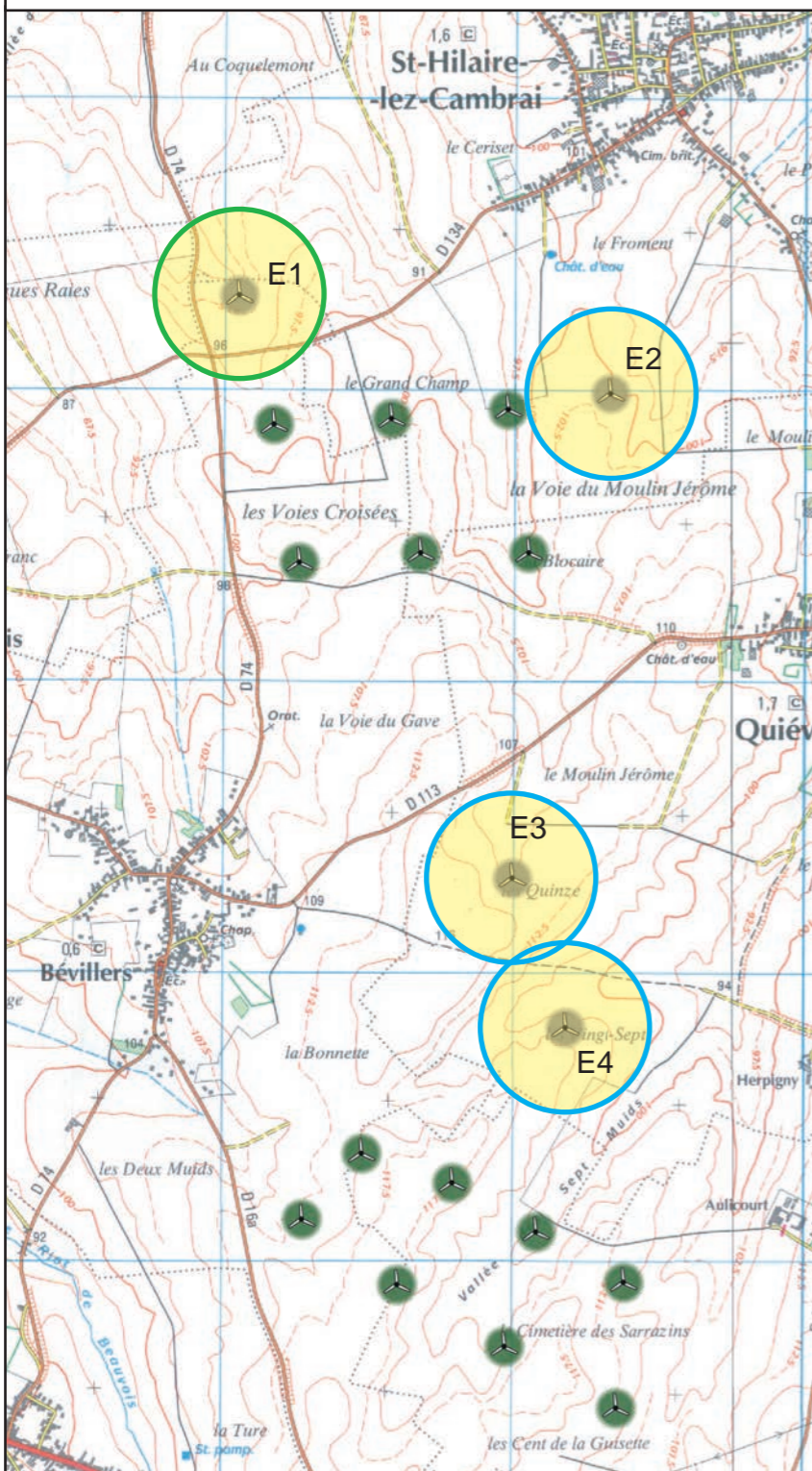
- Zone de risque élevé (non acceptable)
- Zone de mesures de maîtrise du risque
- Zone de risque moindre

Événement	Zone d'effet (m <sup>2</sup> )	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité	Nombre de personnes exposés selon l'éolienne et l'évènement considérés				Fonctions de sécurité	Niveau de risque	
						E1	E2	E3	E4			
Effondrement	70 686	Rapide	Fort	D	<u>Sérieux</u>	0,08				Prévenir la survitesse Prévenir les courts-circuits Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage Prévenir les erreurs de maintenance Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	Acceptable	
Chute de glace	8012		Modéré	A	<u>Modéré</u>	0,01				Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Acceptable	
Chute d'élément			Fort	C	<u>Sérieux</u>	0,01				Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace Prévenir la survitesse Prévenir les effets de la foudre Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage Prévenir les erreurs de maintenance Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	Acceptable	
Projection de glace			282 743	Modéré	B	<u>Sérieux</u> : E1, <u>Modéré</u> : E2 à E4	5,60	0,32 à 0,35			Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale			785 398	Modéré	D	<u>Important</u> : E1, <u>Sérieux</u> : E3, <u>Modéré</u> : E2 et E4	10,06	0,92	3,64	0,91	Prévenir la survitesse Prévenir les effets de la foudre Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage Prévenir les erreurs de maintenance Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	Acceptable

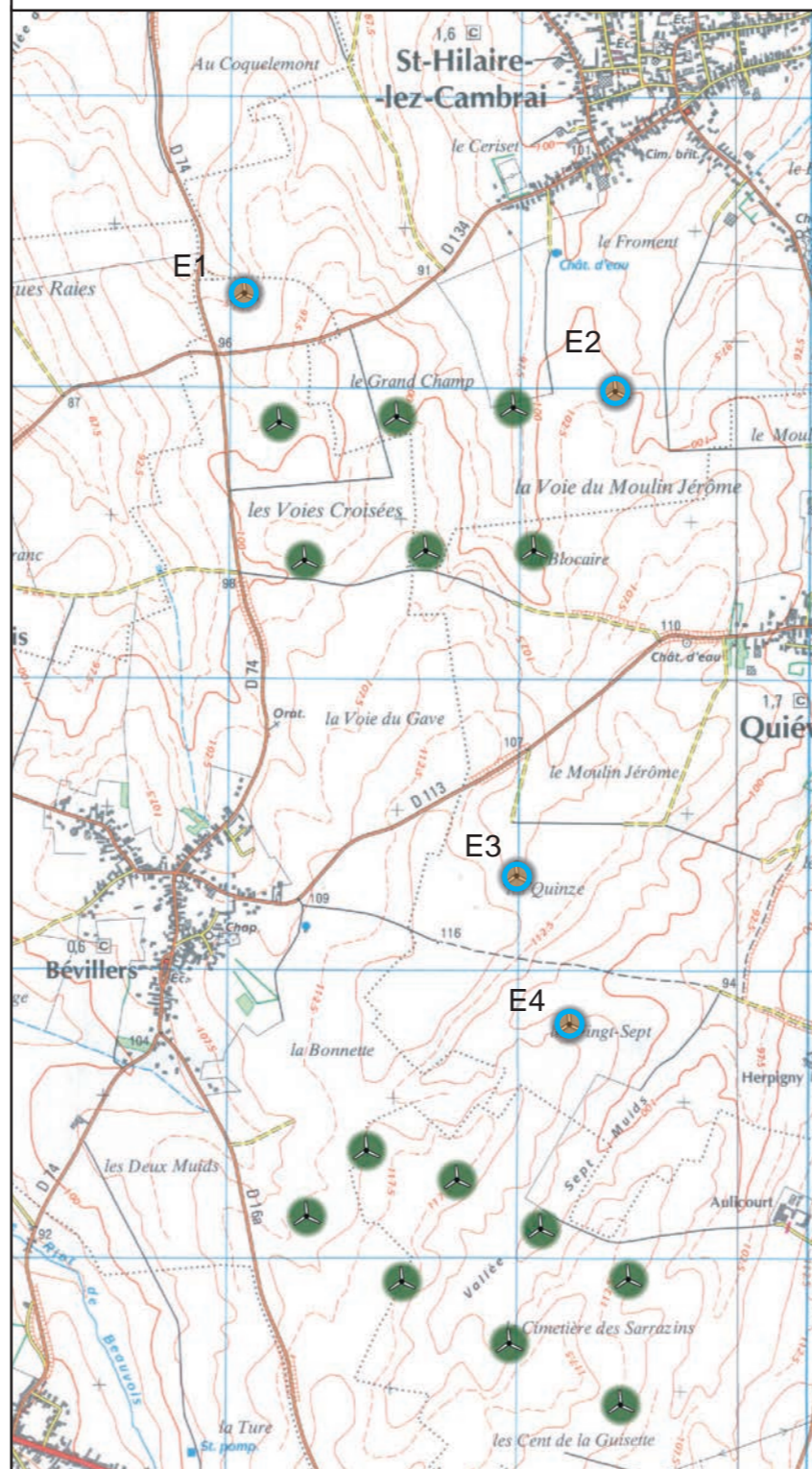
FIGURE 123 : RISQUES LIÉS AUX SCÉNARIOS DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES ET LEURS ZONES D'EFFET SPÉCIFIQUES



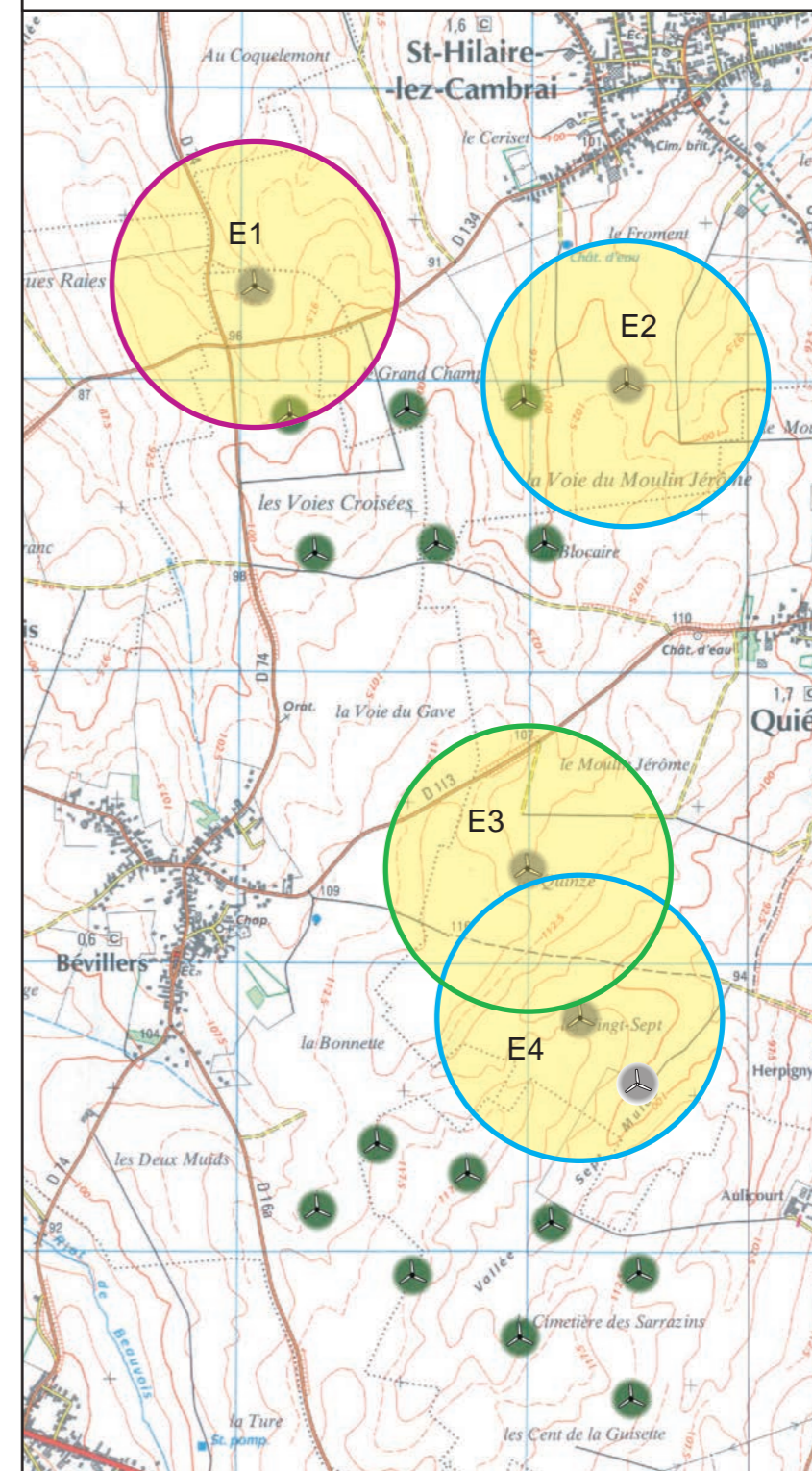
SCÉNARIO PROJECTION DE GLACE



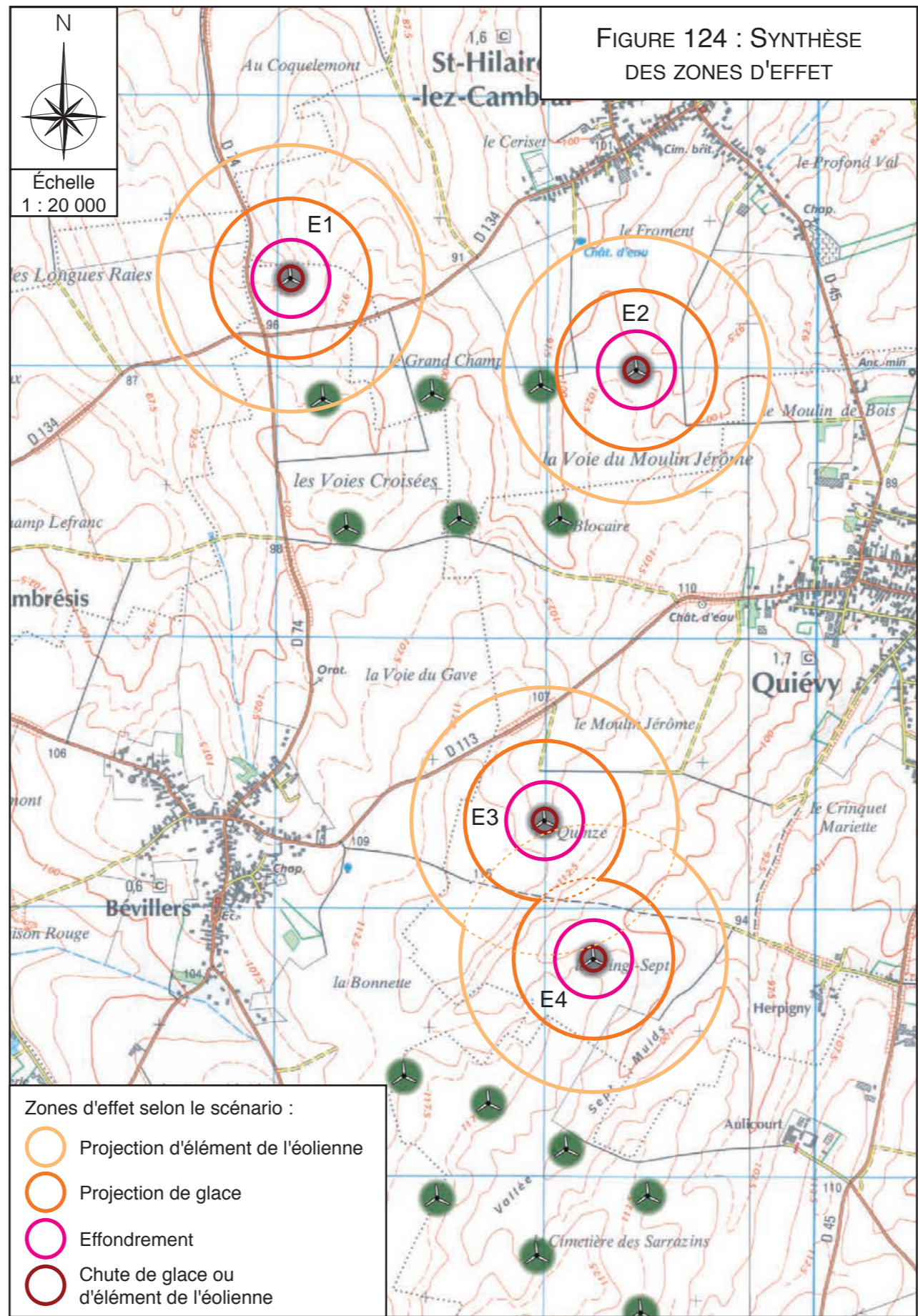
SCÉNARIO CHUTE D'ÉLÉMENT DE L'ÉOLIENNE



SCÉNARIO PROJECTION D'ÉLÉMENT DE L'ÉOLIENNE







# K - MÉTHODES UTILISÉES ET DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

L'objectif de cette partie est, d'une part, de préciser les méthodes utilisées pour établir l'état initial et évaluer les effets du projet sur l'environnement ainsi que les raisons ayant amené au choix de la méthode utilisée et, d'autre part, de décrire les éventuelles difficultés techniques ou scientifiques rencontrées.

## K.1 - MÉTHODOLOGIE EMPLOYÉE LORS DE LA RÉALISATION DE L'ÉTAT INITIAL

Pour la réalisation de l'état initial, les contraintes du site ont été étudiées d'après les données existantes (géologie, climatologie,...). Ces recherches ont été complétées par la réalisation d'études spécifiques sur l'avifaune et les chiroptères notamment.

La flore du site n'a pas fait l'objet d'inventaire particulier. Ces différents types de milieux ont été identifiés lors des prospections avifaune et chiroptères.

Ces études ont été reprises et approfondies dans le cadre de l'étude d'impact pour aboutir à la réalisation d'une implantation raisonnée et la prise de décision concernant le choix de mesures compensatoires et d'accompagnement les plus pertinentes.

### K.1.1 - RECENSEMENT DES DONNÉES

L'évaluation des impacts nécessite une bonne connaissance de l'état initial.

Le recensement des contraintes a tout d'abord été réalisé à partir de données bibliographiques et d'informations recueillies auprès de divers organismes, collectivités et responsables qualifiés en la matière :

- le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) - cartes géologiques et hydrogéologiques,
- Météo France - données climatologiques,
- l'Agence Régionale de la Santé (ARS),
- la Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM) - Service de l'Environnement (données sur les risques naturels),
- RTE, France Télécom, GRDF, ERDF, ANFR - données sur les réseaux,
- la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) des Hauts-de-France - milieux aquatiques, milieu naturel, paysages...,
- l'Agence de l'eau Artois-Picardie - données hydrologiques sur les cours d'eau, données sur le SDAGE,
- l'Institut Géographique National (IGN) - carte topographique,
- la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt (DDAF) et Agreste - données sur les activités agricoles,
- la Direction Régionale des Affaires Culturelles (DRAC) des Hauts-de-France, services de l'Archéologie et des Monuments Historiques,
- ATMO Nord-Pas-de-Calais / Hauts-de-France - qualité de l'air,
- l'INSEE - Inventaires communaux,
- les Communautés de Communes et les différentes communes concernées - données sur l'urbanisme et l'occupation du sol,...

## K.1.2 - ÉTUDE AVIFAUNE

La campagne de prospection a été réalisée durant un cycle annuel complet, à savoir :

- Une prospection en hiver 2010, afin d'identifier l'avifaune hivernante
- Trois prospections au printemps 2010, afin de déterminer l'avifaune en migration pré-nuptiale, puis l'avifaune nicheuse
- Deux prospections en été 2011, dans le but d'identifier les espèces sédentaires
- Trois prospections en automne 2010, pour constater les mouvements migratoires post-nuptiaux

Deux méthodes différentes mais complémentaires ont été utilisées.

### • L'Indice Ponctuel d'Abondance (I.P.A.)

Il consiste, au cours d'une session de comptage, à noter l'ensemble des oiseaux observés ou entendus pendant 20 minutes, à partir d'un point fixe dans la zone d'implantation potentielle ou à ses abords.

Tous les contacts visuels et/ou auditifs sont notés sans limitation de distance.

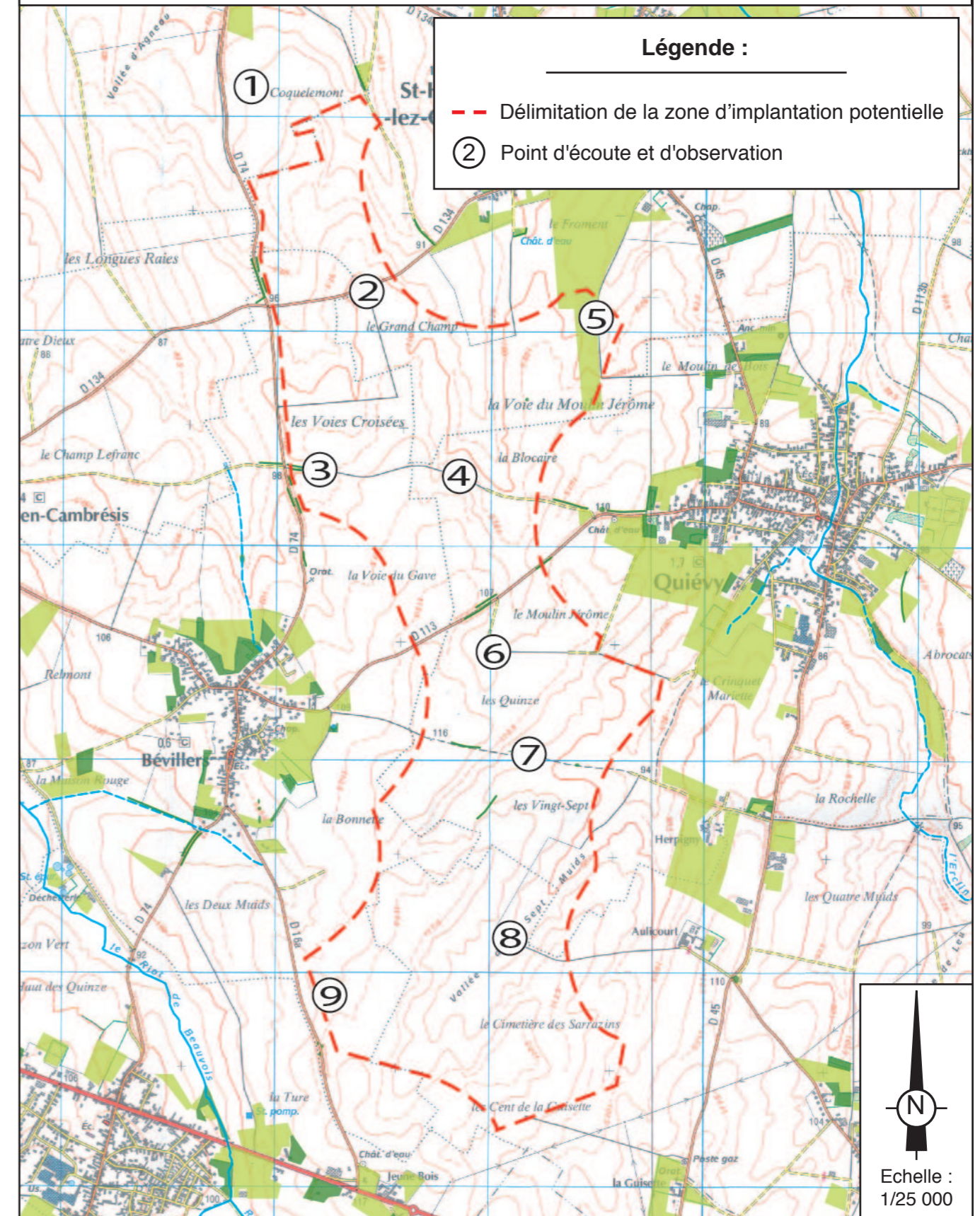
Neuf points d'écoute et d'observation représentatifs de la zone d'implantation potentielle ont donc été réalisés (Figure 125) :

- point n° 1 : en milieu cultivé, proche d'une prairie, au lieu-dit «Au Coquelemont»
- point n° 2 : en milieu cultivé au Nord du lieu-dit «le Grand Champ»
- point n° 3 : en milieu cultivé et bordure de haie au Sud du lieu-dit «les Voies croisées»
- point n° 4 : en milieu cultivé à l'Ouest du lieu-dit «la Blocaire»
- point n° 5 : en bordure d'une prairie au Nord de «la Voie du Moulin Jérôme»
- point n° 6 : en milieu cultivé au Sud-Ouest du lieu-dit «le Moulin Jérôme»
- point n° 7 : en milieu cultivé au Nord du lieu-dit «les Vingt-Sept»,
- point n° 8 : en milieu cultivé au Nord du lieu-dit «le cimetière des Sarrazins»
- point n° 9 : en milieu cultivé au Sud-Est du lieu-dit «les Deux Muids»

### • La recherche qualitative

La recherche qualitative consiste à parcourir l'ensemble des milieux concernés par le projet d'implantation des éoliennes, mais aussi les milieux remarquables situés à proximité (groupement de bois, haies) dans le but de dénombrer et d'identifier le plus d'oiseaux possible.

FIGURE 125 : LOCALISATION DES POINTS D'ÉCOUTE ET D'OBSERVATION DE L'INDICE PONCTUEL D'ABONDANCE



### **K.1.3 - MÉTHODOLOGIE CHIROPTÈRES**

La méthodologie utilisée et développée ci-après s'appuie en particulier sur les recommandations du «Protocole d'étude chiroptérologique sur les projets de parc éolien» validé en août 2010 par le SER (Syndicat des Energies Renouvelables), la SFPEM (Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères) et la LPO (Ligue pour la Protection des Oiseaux).

Elle comprend de ce fait :

- une analyse bibliographique (contexte général, données sur le secteur),
- une identification des milieux présents ainsi que de leur potentialité pour les chiroptères,
- une phase d'inventaire des espèces fréquentant le site,
- une interprétation des résultats des inventaires effectués,
- l'évaluation des risques du projet,
- la définition de mesures compensatoires.

Deux aspects sont pris en compte :

- les populations locales qui utilisent le site pour leur vie quotidienne (chasse par exemple),
- les phénomènes de migration, qui peuvent concerner des populations n'utilisant pas habituellement le site mais qui le traversent au moment des déplacements entre lieu d'hivernage, lieu de vie et de mise bas.

Plus largement, l'étude comprend donc trois phases :

- le pré-diagnostic,
- les prospections,
- les interprétations.

#### **K.1.3.1 - Le pré-diagnostic**

C'est une étape préliminaire, qui a pour objectif d'évaluer les enjeux chiroptérologiques potentiels de la zone d'étude à partir de la compilation des données existantes (sur les espèces présentes) et surtout d'une analyse des habitats et des structures paysagères.

Il faut donc, tout d'abord rechercher si des documents sérieux attestent de la présence de telle ou telle espèce que ce soit au niveau régional (référentiels, listes rouges) ou à un niveau plus local (ZNIEFF, zones Natura 2000, données des associations naturalistes locales...).

La SFPEM recommande de rechercher et de prospector dans les cavités environnantes, ainsi que dans les bâtiments des villages voisins. Cette démarche présente des inconvénients :

- d'abord des cavités peuvent être présentes mais non détectables (une ouverture de quelques centimètres peut suffire aux chiroptères, et ne sera pas facilement repérable sur le terrain),
- ensuite la présence de cavités, même à proximité du site et occupées par des chiroptères, n'implique pas nécessairement que les individus vont fréquenter la zone d'implantation (cas de cavités s'ouvrant sur une vallée, avec un projet sur le plateau),
- enfin, il n'est pas, dans la pratique, évident d'aller inspecter tous les greniers ou granges d'un village (problème des autorisations, des délais...), et de même la présence de pipistrelles ou autre dans le village voisin, n'implique pas forcément leur présence sur le site du projet.

Nous procédons donc à la recherche de cavités à proximité, c'est-à-dire sur la zone d'implantation potentielle et ses alentours, jusqu'à une distance de l'ordre d'un à deux kilomètres (base de données du BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières, et autres sources disponibles), et par l'identification des sites connus comme recelant des chiroptères, à partir des documents accessibles (public), sur une distance de l'ordre de 10 kilomètres par rapport au projet.

En croisant la localisation des sites d'hivernage connus avec celle des territoires d'activité estivale, il est possible de définir, à grande échelle, des axes de migration potentiels, afin notamment de situer le site par rapport à ceux-ci.

Ensuite, il devient nécessaire de déterminer si le territoire concerné par le projet d'implantation est approprié ou non pour constituer un lieu de vie pour les chauves-souris et dans quelle mesure.

En effet, les chauves-souris ont une façon bien à elles d'évoluer dans le paysage, qui même si elle varie en fonction des espèces, correspond globalement à des règles bien déterminées.

Pour chasser, la plupart des chauves-souris ont besoin d'éléments structurants dans le paysage ; elles chassent dans les bois et forêts, dans des milieux où se trouvent des points d'eau à la surface desquels elles volent ou dans des lieux dotés d'éléments structurants

(haies, alignement d'arbres, chemins creux, talus...). Pour la plupart des espèces, les individus chasseurs ne s'éloignent pas de ces structures, sauf pour effectuer des déplacements locaux.

Les espèces qui s'éloignent de ces lieux bien structurés et effectuent des déplacements d'une distance dépassant plusieurs centaines de mètres sont rares (par exemple la Grande Noctule).

Il semble aussi que même dans leurs phases migratrices, les chauves-souris s'orientent par rapport à des lignes conductrices comme par exemple les grandes rivières et migrent sur un front très étendu. Au cours de leur migration, elles doivent trouver des lieux de stationnement dans le paysage dont les structures sont appropriées à leurs besoins pour faire escale.

Une absence de lignes structurantes sur un territoire est peu propice à une présence importante de chauves-souris puisqu'elles s'y appuient pour chasser et migrer. A noter que ces éléments peuvent être peu perceptibles a priori, comme par exemple un chemin légèrement creux.

Cette partie du dossier est réalisée essentiellement à partir de cartes topographiques et photos aériennes. Elle est ensuite complétée par des investigations sur le terrain.

### K.1.3.2 - Les prospections

Lorsque les éléments structurants et les autres enjeux potentiels du site ont été identifiés, on peut procéder aux prospections. Les chiroptères étant des animaux nocturnes, ces dernières ont lieu la nuit (essentiellement au crépuscule qui est la période la plus favorable).

Les chauves-souris sont identifiées selon deux méthodes :

- la perception visuelle

Même à la tombée de la nuit, il est possible de distinguer le vol de ces animaux. Celui-ci nous indique d'abord leur présence, et dans une certaine mesure, l'observation permet aussi de pressentir quelles espèces sont présentes (taille des individus, type de vol).

La recherche visuelle est également réalisée à l'aide d'un appareil de vision nocturne avec grossissement 5X42 et illuminateur infrarouge (Ykon modèle Ranger 28041), capable d'enregistrer les observations (film numérique). Le dispositif permet de voir jusqu'à 250 m (sous certaines conditions). On peut aussi utiliser simplement un projecteur.

- L'écoute

Les chiroptères émettent pour se repérer dans l'espace des ultrasons, non perceptibles par l'oreille humaine, mais qui peuvent être captés par des appareillages spécialisés. Cela se fait avec différents types de détecteurs, selon différents modes de détection (voir page suivante).

- Le mode hétérodynage :

Le mode hétérodynage consiste à transformer électroniquement un signal ultrason inaudible à l'oreille humaine, en un signal dans la bande de fréquence audible.

Ce procédé permet d'identifier la gamme de fréquence de l'émission originale (on perçoit le son de la fréquence sur laquelle on règle l'appareil) ainsi que, dans une certaine mesure, la forme (amplitude et variation) et la modulation (rythme) du signal. Ce mode permet d'identifier certaines espèces qui émettent dans une gamme de fréquence bien spécifique, mais aussi grâce parfois à la forme et modulation du signal. Les inconvénients de cette technique sont que seuls les signaux sur la bande choisie sont captés (on compense cela en balayant la bande de fréquences ultrasons) et que la détermination doit être immédiate, ce qui est parfois délicat.

Pour le mode hétérodynage, nous utilisons le Pettersson D 240x.

- Le mode expansion de temps :

Le mode expansion de temps consiste à enregistrer un signal en «l'étirant dans le temps», afin de disposer d'une «image acoustique» de meilleure qualité. Cette technique est similaire à un enregistrement sur un magnétophone tournant à grande vitesse, et que l'on écoute ensuite à une vitesse normale. Ainsi l'enregistrement du signal induit beaucoup moins d'altérations. Cela permet une analyse plus fine et rend possible la distinction entre différentes espèces acoustiquement proches.

Le détecteur Petterson D240x dispose de ce mode de fonctionnement.

#### Application sur le terrain :

Dans un premier temps, on cherche à repérer si des contacts sont identifiables. Pour cela on utilise le mode hétérodynage et on balaie la gamme d'ultrasons à l'aide de la molette de l'appareil. La fonction hétérodynage signale par des bits les émissions d'ultrasons.

On dispose alors d'un premier critère d'identification auquel s'ajoutent les informations visuelles (taille de l'espèce, allure du vol). Grâce à cette première technique, on peut repérer les signaux nécessitant un enregistrement en expansion de temps. Ceux-ci bénéficieront d'une analyse plus fine sur ordinateur (logiciel Batsound).

Lorsqu'une séquence sonore est continue et qu'une ou plusieurs chauve-souris restent chasser dans un secteur restreint à proximité du point d'écoute, chaque tranche de cinq secondes est assimilée à un contact (selon les recommandations du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer). Il s'agit en effet d'une mesure du niveau d'activité et pas strictement de l'abondance des chauve-souris.

En principe chaque espèce émet selon un spectre d'ultrason spécifique. Toutefois, certaines d'entre-elles présentent des plages communes, voire un spectre identique (ex : Vespertilion à moustaches et Vespertilion de Brandt). L'identification se fait donc en fonction de la fréquence d'émission, mais également et surtout par l'analyse de la modulation du son.

Pour l'écoute, deux techniques complémentaires sont utilisées :

- les points d'écoute de 10 minutes disposés en des endroits stratégiques du territoire (croisée de chemins, haies...)
- le déplacement lent le long des éléments structurants (haie, chemin...) que l'on appellera «parcours écoute». Ce dernier relie les différents points d'écoute et se réalise en voiture à vitesse lente sur les chemins carrossables du site, ceci afin de couvrir le maximum de surface et de mettre en évidence la présence de «corridors» de déplacements

Ces techniques permettent d'identifier toute espèce présente, dans la mesure où elle évolue dans le champ de portée de l'appareil (30 à 40 m).

La méthodologie de prospection se déroule de façon à couvrir l'ensemble des habitats de la zone d'étude.

#### Les périodes de prospection comprennent :

- le printemps et l'automne

L'objectif est surtout de savoir si des passages de type migratoire sont identifiables.

En plus des vols aux trajectoires zigzagantes (comportement de chasse), on recherche donc aussi les trajectoires directes (traversée du site).

La prospection réalisée par écoute simple sur des points fixes est complétée par l'observation avec jumelles de vision nocturne (Ykon Ranger 28041). Celles-ci permettent de mettre en évidence des vols en hauteur, mais ne garantissent pas une identification formelle de l'espèce concernée. Les hauteurs de vol sont également assez difficiles à évaluer.

Les prospections de printemps vont être déclenchées en fonction des températures extérieures et surtout des premiers pics d'éclosion d'insectes, qui sont la source de nourriture des chiroptères, et leur motivation pour la migration. Celles d'automne seront effectuées avant la baisse significative des températures et la pénurie d'insectes.

- l'été

Il s'agit ici de définir les conditions d'utilisation du site par les espèces qui lui sont accoutumées. En ce cas, on privilégie les écoutes fixes et en déplacement le long des éléments structurants. L'identification des chiroptères est plus facile car on dispose aisément de leur signal acoustique en plus de notre observation (hauteur de vol généralement faible). On peut donc définir quelles espèces côtoient le site, le taux de fréquentation ou d'activité (nombre de contacts) ainsi que les zones les plus attractives.

La méthodologie développée permet de garantir qu'une espèce fréquentant le site sera repérée et identifiée (même si parfois, pour quelques rares cas, il peut y avoir un doute sur l'identification précise, ce qui est alors indiqué dans le rapport).

Bien entendu une fréquentation «accidentelle» (présence ponctuelle sur le site, et qui ne se reproduit pas) ayant lieu en dehors des périodes de prospections peut être

«loupée». Mais il ne s'agit pas alors d'une présence significative et il n'y aurait de toute façon aucune raison de la prendre en compte dans le projet.

### **K.1.3.3 - Les Résultats et interprétations**

Dans un premier temps, les différentes espèces de chiroptères identifiées suite aux prospections sont mentionnées. Puis, en fonction de leur fréquentation et habitudes de vol sur le site et de leur biologie, il devient possible d'estimer les conséquences de l'implantation d'un parc éolien.

Les impacts encourus peuvent sérieusement diverger selon qu'il s'agisse d'espèces migratrices ou pas mais aussi selon la présence ou non, proche ou pas, de milieux attractifs pour les chauves-souris (gîtes d'hibernation, zones humides...).

Plusieurs études antérieures peuvent aider à l'interprétation des résultats de part leurs conclusions et constats si le contexte s'avère relativement similaire (mêmes espèces rencontrées, milieux semblables...).

En fonction de la valeur estimée des impacts encourus par les populations de chiroptères du site, des mesures compensatoires et accompagnatrices plus ou moins importantes sont ensuite définies. Celles-ci peuvent consister en l'aménagement ou la création d'habitats favorables aux chauves-souris suite à une dégradation ou destruction programmée de leur écosystème initial par le projet éolien ; en l'abandon de l'emplacement prévu pour certaines machines jugées trop dangereuses ; ou encore en la nécessité d'effectuer un complément d'étude ou un suivi post-implantation.

## K.1.4 - IMPACTS SONORES

Pour la réalisation de l'étude d'impact acoustique du projet, la démarche suivante a été adoptée :

- Intervention sur site

Echopsy effectue une visite avant la mise en œuvre des mesures de manière à identifier les zones visées et à orienter si besoin le positionnement et le nombre de point de mesure.

Les points de mesure du bruit résiduel ont été choisis parmi les ZER, en fonction de leurs expositions sonores vis-à-vis des éoliennes, des orientations de vent dominant et de la topographie de la végétation, etc... Ils sont représentatifs de l'environnement sonore de la zone de projet et ses environs et permettent une extrapolation de leurs résiduels vers des récepteurs ayant une ambiance sonore comparable et n'ayant pas fait l'objet de mesures.

Compte tenu de la disposition des communes autour de la zone d'étude, nous avons retenu des points de mesures auprès de chacune des communes et hameaux entourant la zone d'étude.

Les positions de mesures proposées entourent la zone d'étude de manière à évaluer la situation initiale dans toutes les directions. Les points de mesures sont au nombre de 11. Les zones entourant nos mesures sont en zone agricole et les zones ouvertes à la construction sont en retrait par rapport à nos points.

Le choix des points de mesure dépend de la proximité potentielle des habitations au projet, de la topographie du site et de la végétation. Enfin il est nécessaire d'avoir l'accord des riverains pour la mesure.

- Constat initial

Lors des mesures d'évaluation de l'état initial, les mesures sont menées suivant le projet de norme projet de norme prNFS31-114 ainsi que la norme homologuée NFS31-010.

- Norme NF-S 31.010, décembre 2008 : Relative à la caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement. Instruction de plaintes contre le bruit dans une zone habitée.
- Projet de norme PrNF31-114 : Relatif à la méthode de mesurage et d'analyse des niveaux de bruit dans l'environnement d'un parc éolien.

Le matériel est de classe 1, conformément à la norme IEC 61672.

La campagne de mesure a été réalisée du 5 juillet au 5 août 2011. Les périodes de pluies sont relevées par un pluviomètre, puis retirées de l'analyse.

- Indicateur de bruit utilisé

L'indicateur retenu pour l'analyse est systématiquement l'indice L50 [10 minutes] calculé à partir des LAeq [1 seconde] sur les échantillons analysés.

L'utilisation de l'indicateur L50 va écarter 50% des bruits atteints ou dépassés pendant l'intervalle de mesure. Ce choix permet notamment de lisser les écarts pouvant intervenir entre les saisons ou bien d'atténuer l'effet d'événements ponctuels durant la mesure.

- Remarque sur l'exploitation acoustique des mesures

Les niveaux sonores dans l'environnement, qu'ils soient naturels ou liés à des activités humaines, varient en permanence.

Le vent (de par sa force et sa direction), la température, l'humidité et la période de la journée sont, entre autres, des paramètres influents sur la portée et la création des bruits, donc sur les niveaux sonores mesurés en extérieur.

Les situations mesurées sont analysées en exprimant les échantillons de mesure en fonction des vitesses de vent rencontrées. Ces nuages de points traduisent la variabilité de l'environnement sonore en fonction d'un ensemble de paramètres définissant un ensemble de conditions homogènes.

## K.2 - MÉTHODE D'ÉVALUATION DES EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT

### K.2.1 - IMPACTS PAYSAGERS

La démarche paysagère s'est appuyée sur plusieurs échelles d'investigation :

- perception lointaine,
- perception des abords du site,
- perception des abords immédiats du site et depuis celui-ci.

La démarche paysagère du projet a débuté par une évaluation des caractéristiques du site avant l'investigation plus poussée.

Dans ce cadre, plusieurs variantes ont été imaginées. Seule une configuration a été retenue au vu de l'harmonie générale du parc ainsi qu'aux impacts paysagers limités. Une liste des points de vues à traiter a été établie à la suite d'une analyse paysagère réalisée par la société Environnement Qualité Service.

La société Energieteam s'est ensuite chargée de la réalisation des points de vues, des photosimulations et de la ZVI.

#### • Méthodologie ZVI

La ZVI (zone visuelle d'influence) est une carte de présentation des surfaces depuis lesquelles le parc éolien est potentiellement visible. Ce calcul est effectué à partir du module ZVI du logiciel Windpro (version 2.7) pour l'ensemble des éoliennes proposées sur le site.

Son calcul est basé sur un modèle numérique de terrain créé à partir des courbes de niveau digitalisées. Les boisements sont pris en compte comme obstacles, pas les habitations. La modélisation sera donc majorante. L'aire d'étude est divisée en carrés de surface égales (25 m x 25 m). Le logiciel effectue une coupe depuis chaque partie du quadrillage vers chacune des éoliennes du parc. Le parc est considéré comme visible depuis un point lorsque le trait de coupe atteint l'extrémité d'une des éoliennes du parc sans être interrompu par le relief.

Cet outil est un préalable à l'étude des impacts sur une vaste aire d'étude. Il permet de définir de manière efficace l'effet de la topographie sur la visibilité du parc éolien. Sa précision peut toutefois être altérée par l'existence d'une microtopographie (talus, passage en tranchée), ou tels que boisements, habitations, haies...

#### • Méthodologie pour définir les classes de perception

Au fur et à mesure que l'observateur s'éloigne du parc, la taille des éoliennes et la portion du champ de vision qu'elles occupent diminuent. Il est ainsi possible d'établir des classes de perception en fonction de la distance entre l'observateur et le parc et de les cartographier (Figure 83, page 167).

Dans le cadre de ce dossier les classes suivantes ont été établies :

- Seuil de la perception forte : angle de perception supérieur à 7°,
- perception assez forte : angle de perception compris entre 3,5 à 7°,
- perception modérée à assez forte : angle de perception compris entre 2 à 3,5°,
- perception faible à modérée : angle de perception compris entre 1 à 2°,
- perception faible : angle de perception compris entre 0,7 à 1°,
- perception nulle à faible : angle de perception inférieur à 0,7°.

Les distances correspondantes sont obtenues par la relation trigonométrique :

$$\text{distance} = \text{hauteur} \div \text{tangente (angle)}$$

Les zones de perception sont enfin superposées à la zone d'influence visuelle pour intégrer les masques visuels et refléter aux mieux la réalité (Figure 81, page 165 et Figure 82, page 166).

#### • Méthodologie pour définir la visibilité et la covisibilité des sites et monuments historiques

Les visibilité et covisibilités des sites et monuments historiques, présentées page 250, sont évaluées à partir de la carte de synthèse intégrant les zones de perception et la zone d'influence visuelle.

Les photos des environs des monuments sont également étudiées (à partir de passages sur le terrain et éventuellement de Google Street View). Les éléments de contexte qui y sont identifiés sont reportés dans le tableau.



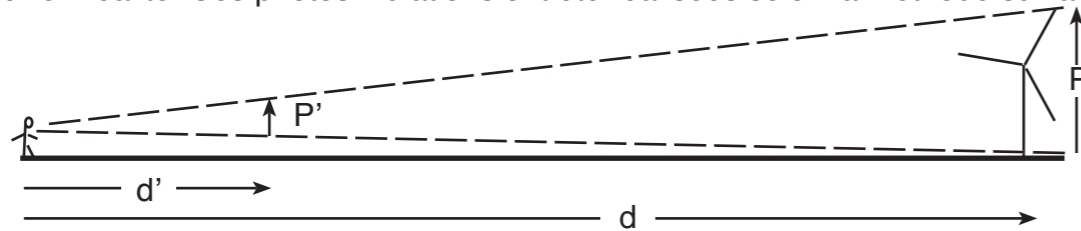
• Méthodologie pour estimer la perception visuelle réelle du parc

Les vues ont été effectuées avec un appareil Nikon D3100 d'une focale de 35 mm. Les photos ont ensuite été assemblées à l'aide du logiciel Photoshop pour obtenir des vues panoramiques.

Les photosimulations ont été réalisées avec le logiciel spécialisé Wind Pro 2.6.

La position des points de vue a été réalisée par GPS. Le calage des éoliennes sur logiciel s'est fait à l'aide d'éléments aisément repérables dans le paysage (clocher d'églises, châteaux d'eau, monuments, bois) et aisément repérables sur des cartes IGN géoréférencées présentes sur le logiciel Carto Exploreur de Bayo. Dans certains cas, des éléments supplémentaires ont été relevés par GPS afin d'assurer un meilleur calage des photos. Des éléments peuvent également être repérés grâce au site Géoportail.

Afin de donner un meilleur aperçu de l'+ du parc éolien, nous avons réalisé des simulations montrant ce que percevra l'observateur en réalité. Ces photosimulations ont été réalisées selon la méthode suivante :



Un observateur se trouvant à une distance  $d$  d'une éolienne percevra une hauteur  $P$ . En appliquant le théorème de Thalès, on considère que l'équivalent de ce que le lecteur doit percevoir en se trouvant à une distance  $d'$  du projet est la hauteur  $P'$ . L'angle de perception est ainsi conservé.

On obtient la hauteur  $P'$  par le rapport suivant :  $P' = P \times d' / d$

avec :

$P$  : hauteur réelle de l'éolienne,

$P'$  : hauteur de l'éolienne sur la photosimulation,

$d$  : distance réelle entre l'observateur et l'éolienne,

$d'$  : distance du lecteur par rapport au dossier d'étude d'impact (40 cm).

Dans l'étude d'impact, pour les photosimulations montrant l'impact réel, la taille des images a été définie de manière à ce que la taille des éoliennes de l'image correspondent aux valeurs  $P'$  obtenues par le calcul exposé ci-dessus.

L'impact visuel de l'ensemble des éoliennes a été défini en fonction de la distance entre le point d'observation et les éoliennes. Les conditions retenues pour la visibilité des éoliennes ont toujours été les conditions de visibilité maximale, même quand les conditions de prise de vue n'étaient pas excellentes. De ce fait, l'impact visuel des éoliennes simulées est toujours plus fort que ce qu'un observateur observera à l'avenir dans des conditions réelles.

## **K.2.2 - SIMULATION D'IMPACT SONORE**

Afin de quantifier l'influence des émissions sonores des équipements prévus, une modélisation informatique a été réalisée. Celle-ci a pris en compte un ensemble de paramètres influant sur la propagation des sons :

- le site d'implantation (distances, terrains...);
- les sources de bruits et leurs caractéristiques géométriques et techniques;
- les effets de propagation et d'atténuation du son dans l'air.

La méthode de calcul de la propagation acoustique qui a été utilisée ici est celle de ISO9613-2. La modélisation a été réalisée par un logiciel spécialement adapté, le logiciel PREDICTOR. Celui-ci a permis de modéliser la propagation acoustique en espace extérieur en prenant en compte l'ensemble des paramètres influents exploitables en l'état des connaissances.

## **K.2.3 - IMPACTS SUR L'OMBRE**

Pour évaluer les temps d'exposition aux ombres projetées des éoliennes, on utilise le logiciel Windpro.

Après avoir intégré les cartes, la topographie, les éoliennes (type et dimensions), leurs références géographiques, ainsi que les données statistiques d'ensoleillement et de direction du vent, nous pouvons calculer et visualiser sur des cartes, les zones exposées à ces ombres en fonction de la durée journalière et de la durée annuelle de cette exposition.

## K.2.4 - ÉTUDE DE DANGERS

L'étude de dangers a été réalisée en prenant comme base le guide technique de l'INERIS (*Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens* - mai 2012).

### K.2.4.1 - Données d'entrée

Le modèle d'éolienne retenu est la E101 :

Hauteur du mât : 99,0 m,  
Diamètre du mât : 7 m,  
Longueur de la pale : 50,5 m,  
Largeur de la pale : 6 m.

### K.2.4.2 - Comptage des personnes permanentes

L'approche adoptée dans l'étude de dangers consiste à assimiler les espaces cultivés à des espaces non aménagés, et les voies de circulation non structurantes (chemin de terre, voie communale, route départementale ou autre du moment que le trafic journalier reste inférieur à 2000 véhicules par jour) à des espaces aménagés mais peu fréquentés.

## K.3 - DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

### • Historique du projet et dates des inventaires faunistiques

Energie Team avait développé un précédent projet de 10 éolienne dans la zone d'implantation du présent projet, pour lequel la société avait fait réaliser des inventaires complets des oiseaux et des chiroptères. Le projet d'une société concurrente a entre-temps fait l'objet d'une autorisation sur le même site. Le projet actuel vise à venir en extension de ce projet accepté, en demandant autorisation pour 4 des 10 éoliennes initialement proposées. Les prospections sur lesquelles se base la présente demande datent du projet initial (2010 - 2011). Toutefois, le milieu n'a pas évolué de manière significative. On peut donc considérer que l'état initial reste valable. Néanmoins, les inventaires font l'objet d'une actualisation en cours, qui sera transmise aux services instructeurs à leur demande.

### • Projets acceptés non construits

Les projets acceptés mais non encore construits, en particulier celui de la Voie du Moulin Jérôme en extension duquel vient le présent projet, doivent être pris en compte dès la description de l'état initial du site. Toutefois, leur prise en compte pour l'analyse des impacts du projet est parfois délicate, en particulier :

- pour la faune : les inventaires sont réalisés en leur absence et ne révèlent donc pas l'état du site après leur installation,
- pour le paysage : ces éoliennes doivent être simulées, et les descriptions bibliographiques n'en tiennent pas compte.

### • Choix des photosimulations

La difficulté dans cette partie repose sur l'identification des différentes fenêtres de visibilité du parc et sur le choix des vues nécessitant d'être traitées dans l'étude paysagère. En effet, il faut tenter d'illustrer l'effet réel du parc éolien sur le paysage sans pour autant étudier l'ensemble des fenêtres de visibilité.

Notre choix s'est donc porté sur les points de vue les plus fréquentés par la population. Nous avons ainsi étudié les vues directes sur le projet depuis les communes environnantes ainsi que les vues depuis les grands axes de circulation, les principaux sites, monuments historiques et entités paysagères du secteur.

### • Évaluation des impacts sur l'avifaune

La principale contrainte rencontrée dans cette partie repose sur la difficulté à évaluer l'intérêt réel de la zone d'implantation potentielle pour le Faucon pèlerin. En effet, s'il semble évident que celle-ci ne représente pas pour lui un territoire de chasse privilégié (seulement 3 observations réunies de 2008 à 2011), il est toutefois difficile d'estimer le taux de fréquentation

de la zone, par le faucon (nombre d'heures par an, par exemple) et donc d'être en mesure d'évaluer le risque de collision.

Aussi, en l'absence de prospections spécifiques à la Chevêche d'Athéna, nous ne sommes pas en mesure de déterminer précisément son territoire de chasse et les déplacements qu'elle entreprend.

- Évaluation des impacts sur les chiroptères

L'une des difficultés rencontrées dans l'étude des chiroptères est l'identification précise de l'espèce. En effet, certaines chauves-souris utilisent des fréquences proches et il devient alors difficile d'identifier le contact avec certitude jusqu'au rang de l'espèce.

Compte-tenu du manque de données bibliographiques et de constats régionaux traitant des phénomènes migratoires (ou d'erratisme), et vu leur approximation, il nous est impossible d'évaluer l'impact associé aux projets voisins sur le comportement des Pipistrelles et Sérotines communes.

# L - NOTICE D'HYGIÈNE ET DE SÉCURITÉ

Les éoliennes sont des installations particulières du fait de leur mode de fonctionnement et de leur hauteur importante. Dans notre cas, la nacelle (centre du moyeu) se situera à 99,0 m de haut (voir aussi "B.2.3 - Description détaillée du projet et des éoliennes utilisées", page 14).

Néanmoins, les éoliennes sont situées dans des environnements ruraux souvent éloignés des zones urbaines.

En outre, les éoliennes fonctionnent en mode automatique, sans intervention de l'homme, sauf :

- lors de la construction du parc (montage),
- lors des opérations de maintenance.

Pour ce projet, le montage et la maintenance des installations seront assurés par Enercon, le constructeur des machines.

Aussi, après une présentation succincte d'Enercon, nous exposerons les conditions de réalisation du parc puis celles de la maintenance.

En phase de construction, d'autres entreprises interviendront, par exemple pour la réalisation des voiries et des fondations.

## L.1 - PRÉSENTATION D'ENERCON

La société Enercon est le leader allemand dans la fabrication d'éoliennes. Fondée en 1984 par Aloys Wobben, elle emploie aujourd'hui plus de 17 000 personnes (source Annuaire Éolien 2016 - France Énergie Éolienne). Son siège est à Aurich, en Basse-Saxe.

Enercon conçoit, fabrique et commercialise des éoliennes à entraînement direct, c'est-à-dire sans multiplicateur, et dispose de plusieurs sites de production dans le monde (Suède, Turquie, Brésil, Portugal, Allemagne, Canada, France).

Ce constructeur possède deux entités distinctes en France :

- Enercon GmbH regroupant les activités de vente et de gestion de projets ;
- Enercon Service France (ESF) ayant la responsabilité de l'installation, de la maintenance et du service après-vente.

Les activités de ces deux entités ont permis la création de plus de 550 emplois.

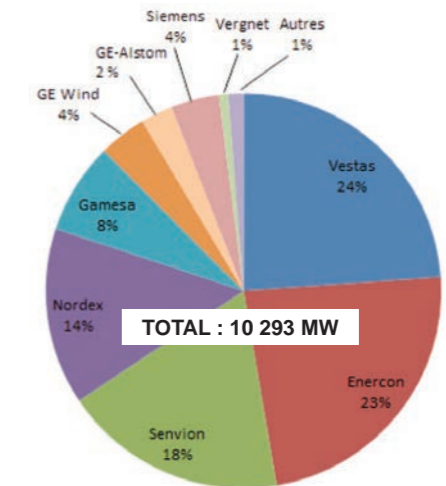
### L.1.1 - ENERCON GMBH

D'après l'annuaire éolien de 2016 (FEE), Enercon a installé en France plus de 1150 éoliennes, soit 2230 MW. Ces éoliennes représentent près du quart du marché national français

En France, implantée principalement à La Croix-Saint-Ouen dans l'Oise, depuis 2004, Enercon dispose également de 2 autres bureaux commerciaux.

Une usine de construction de mâts en béton a été inaugurée en octobre 2012, à Longueil-Sainte-Marie. En janvier 2016, cette usine avait déjà produit près de 3500 segments de mâts.

En 2016, Enercon partage avec Vestas la moitié de la puissance installée en France (Figure 126).



Source : SER-FEE

Figure 126 : Répartition de la puissance installée en France au 1<sup>er</sup> janvier 2016 par constructeur

### L.1.2 - ENERCON SERVICE FRANCE (ESF)

En parallèle de l'installation de parcs éoliens, la société ESF a ouvert des bases de maintenance afin de faire le suivi de ces parcs.

Avec près de 22 bases, leur répartition géographique calque celle des parcs éoliens déjà installés.

Ces bases de maintenance permettent le recrutement de techniciens (électromécaniciens) locaux, qui sont formés en interne.

## L.2 - LA CONSTRUCTION DU PARC

### L.2.1 - ORGANISATION GÉNÉRALE

La phase de construction du parc va durer plusieurs mois. Les différentes phases du chantier sont :

- création des plates-formes des éoliennes,
- creusement des fondations,
- coulage des fondations,
- montage de la tour,
- montage de la nacelle,
- montage du rotor,
- raccordement électrique.

Ces nombreuses étapes rendent la coordination et la planification de l'ensemble des tâches indispensables. Une visite du site de l'ensemble des partenaires est un préalable à l'organisation des travaux. Les réunions de pré-chantier qui s'en suivent permettent une hiérarchisation des phases d'intervention.

Les articles L.4531-1 et suivants du Code du Travail visent à assurer la sécurité de toutes les personnes qui interviennent sur le chantier. Ils imposent la mise en oeuvre de principes généraux de prévention à toutes les étapes du projet (de la phase de conception à la réalisation de l'ouvrage).

Conformément à la réglementation qui exige que la coordination soit assurée à tous les stades d'un projet d'une certaine importance, un coordinateur Sécurité et Protection de la Santé (SPS) est désigné. Ses missions consistent à établir et compléter régulièrement un dossier rassemblant toutes les données de nature à faciliter la prévention des risques professionnels.

Le chantier, étant soumis à coordination SPS, fait l'objet d'un Plan Général de Coordination et chaque entreprise intervenant sur le chantier est tenue de mettre en place un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS). Ce document a vocation d'évaluer les risques professionnels liés à la co-activité et d'adapter les modes opératoires.

Les personnels des entreprises, y compris les salariés intérimaires, doivent recevoir, le jour de leur arrivée sur le chantier, une formation pratique et appropriée en sécurité. Cette formation, qui sera assurée par les chefs de chantier et les chefs d'équipe des entreprises, porte sur :

- les conditions de circulation des personnes sur le chantier,
- la sécurité pendant l'exécution du travail,
- les dispositions à prendre en cas d'incident, d'accident et d'incendie,
- la situation et le contenu de la trousse de premier secours.

Chaque entreprise devra tenir à jour sur le chantier une liste de tous ses salariés. Ceux-ci devront pouvoir être facilement identifiables (autocollant sur le casque ou vêtement de travail au nom de l'entreprise).

Le chantier comprendra une base de vie. Elle sera implantée sur une zone à faible enjeu environnemental, elle prend ainsi généralement place sur l'une des plates-formes de montage des éoliennes. Cette base de vie comprend :

- un réfectoire,
- des sanitaires,
- des vestiaires,
- le bureau du chantier (réunion),
- du matériel de premier secours (trousses, couvertures de survie...).

### L.2.2 - LES RISQUES SPÉCIFIQUES

À chaque phase du chantier des risques spécifiques existent. Chacune de ces phases fait l'objet de mesures préventives adaptées.

Avant chaque séquence, une réunion de coordination est réalisée (15 minutes au début de la réunion de chantier).

Au cours de cette réunion, une analyse de la co-activité et la réalisation des inspections communes sont réalisées. Les entreprises et leurs sous-traitants devant intervenir dans la séquence suivante doivent donc obligatoirement être présents.

Le tableau suivant résume :

- les risques en fonction des phases de chantier,
- les mesures générales à mettre en oeuvre,
- la répartition des responsabilités.

Séquences	Interventions		Analyse de risque	Mesures à prendre	Qui ?
<b>A</b>	Voiries Plates-formes Terrassement,		Activités agricoles Sortie sur voies Chute dans les fouilles	Concertation / agriculteurs Signalisation routière Protection périphérique	VRD
<b>B</b>	Génie Civil : Ferrailage, Béton,		Chute dans les fouilles Aménagement des descentes Circulation	Respect des modes opératoires Protections collectives Signalisation routière	Génie Civil Elec
<b>C</b>	Montage des éoliennes,		Travaux de hauteur Présence de public	Accès en hauteur Respect des modes opératoires Stabilité du terrain Balisage et affichage Signalisation routière	Fabricant Monteur
<b>D</b>	Réseaux de raccordement Raccordement, Mise en service		Co-activité importante Effectif important	Nettoyage, ordre, Balisage Signalisation routière	T.C.E. Electricien

Les mesures spécifiques aux différents points particuliers sont détaillées dans les tableaux ci-après.

Les mesures spécifiques aux différents points particuliers sont détaillées dans les tableaux ci-après :

• Terrassements - VRD

POINTS PARTICULIERS	RISQUES IDENTIFIÉS	MESURES À PRENDRE
Fouilles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• éboulement</li> <li>• chute de personnes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• si hauteur &gt; 1.30 et si hauteur &gt; 2/3 largeur blindage et / ou talutage</li> <li>• balisage et protection anti-chutes</li> </ul>
Rotation des engins	<ul style="list-style-type: none"> <li>• collisions</li> <li>• heurt avec personnel à pied</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• matériel conforme à la norme NF E 58050 et suivantes</li> <li>• respect des règles de circulation et du plan de circulation</li> <li>• éloignement du personnel pendant les manœuvres</li> </ul>

• Génie civil

POINTS PARTICULIERS	RISQUES IDENTIFIÉS	MESURES À PRENDRE
Fondations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• évolutions engins</li> <li>• acier en attente têtes de pieux chute dans fouilles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• engins conformes</li> <li>• mise en place périmètre de sécurité</li> <li>• protection des aciers protection des fouilles</li> <li>• limiter l'accès des personnes autour du matériel</li> </ul>
Aciers en attente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• liés à la circulation du personnel de chantier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• protection des aciers en attente</li> <li>• têtes crossées ou bouchons</li> </ul>
Bétonnage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• liés à l'évolution d'engins</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• engins conformes</li> <li>• respect du plan et des règles de circulation</li> </ul>

• Levage des tronçons de la tour

POINTS PARTICULIERS	RISQUES IDENTIFIÉS	MESURES À PRENDRE
Transport et stockage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• encombrement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stabilité des éléments sur véhicule et au sol (arrimage)</li> <li>• si empiètement sur voie publique, nécessité d'une signalisation adaptée</li> </ul>
Travaux à grande hauteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• chutes du personnel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aptitude, instruction et information du personnel d'exécution.</li> <li>• Disposer de la certification de la qualification et des aptitudes physiques du personnel</li> <li>• instruction et information du personnel interdisant toute possibilité d'interprétation erronée des plans et documents de montage</li> <li>• réduction maximale des travaux en hauteur, en procédant, à l'équipement du mât au sol</li> <li>• échelles, planchers de travail, système anti-chute à câble ou à rail installés à l'assemblage du mât.</li> <li>• précautions à prendre en cas de conditions atmosphériques ou climatiques défavorables (vent – neige et verglas) pour des vitesses de vents &gt; à 15 m/s arrêter les travaux</li> <li>• une plaque indiquant les limites d'emploi de la grue en fonction de la vitesse du vent doit être apposée en permanence auprès du conducteur (art. 19 et 27 - décret du 08-01- 65 et suivants)</li> </ul>

Levage de personne avec nacelle suspendue	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arrêté du 2 décembre 1998</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• respect des articles 2 à 14 de cet arrêté</li> </ul>
Montage, levage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• heurt, coincement ou cisaillement</li> <li>• renversement ou retombée de la charge (écrasement du personnel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sous la responsabilité d'un chef de manœuvre</li> <li>• balisage au sol de la zone de montage</li> <li>• seul le personnel d'exécution y aura accès</li> <li>• colisage et repérage des pièces</li> <li>• définition de l'assemblage et du montage dans le P.P.S.P.S.</li> <li>• fournir au coordonnateur sécurité le plan méthode montage, en particulier les consignes au personnel chargé d'assembler le tronçon de mât supérieur</li> <li>• appareil de levage et de manutention en parfait état. Le registre des vérifications faites par un organisme agréé devra être en permanence sur le chantier (art. 22 à 24 - décret du 08-01-65 et suivants)</li> </ul>
Montage, levage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• chutes d'objet</li> <li>• renversement engin de levage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• protections collectives et individuelles clefs de montage attachées au baudrier s'assurer de la stabilité du terrain, de l'assise</li> <li>• de l'engin de levage</li> <li>• moyens de décrochage des élingues à</li> <li>• distance</li> </ul>
Résistance des appuis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• renversement du tronçon inférieur de la tour</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• l'entreprise devra vérifier la qualité du béton in situ avant scellement des ancrages</li> </ul>
Mise en place du tronçon supérieur du mât	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cisaillement, heurt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• les opérateurs chargés de l'assemblage seront en liaison radio avec le chef de manœuvre.</li> </ul>
Mise en place de la machine et des pales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• renversement ou retombée de la charge (écrasement du personnel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pour des vitesses de vents &gt; à 15 m/s arrêter les travaux</li> <li>• plate-forme de travail équipée de garde- corps</li> </ul>

- Toute entreprise assurant une livraison de matériaux conséquente

POINTS PARTICULIERS	RISQUES IDENTIFIÉS	MESURES À PRENDRE
Approvisionnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• risque à la manutention</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• définition zone de protection moyens de livraison</li> <li>• moyens de levage</li> <li>• s'assurer de la stabilité du terrain</li> </ul>

- Raccordement HT inter-éolien

POINTS PARTICULIERS	RISQUES IDENTIFIÉS	MESURES À PRENDRE
Déchargement des tourets de câble	<ul style="list-style-type: none"> <li>• heurt, coincement ou cisaillement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sous responsabilité d'un chef de manœuvre manutention mécanique</li> <li>• balisage au sol de la zone de déchargement. Seul le personnel d'exécution y aura accès</li> <li>• utilisation d'un dérouleur adapté posé sur une surface d'appui stable</li> </ul>
Pose des câbles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• chutes du personnel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• utilisation des équipements de sécurité mis en place avant levage, à chaque niveau d'intervention plate-forme de travail équipée de garde-corps, système de levage mécanique des colis, permettant leur réception en conservant les protections collectives.</li> <li>• l'entreprise devra indiquer dans son P.P.S.P.S. les dispositions qu'elle compte prendre pour l'ancrage du câble d'élévation</li> <li>• et pour celui du stop-chutes et fournir la fiche technique du matériel</li> </ul>

## L.3 - LA MAINTENANCE

Une fois le chantier réalisé, la présence de personnel sur le site sera très ponctuelle. De ce fait, le site ne dispose pas d'installation spécifique pour l'accueillir.

Les éoliennes sont équipées de multiples capteurs en relation avec un système de pilotage à distance. Ce dernier permet le diagnostic et l'analyse de la performance en permanence, ainsi que certaines actions à distance.

En cas d'arrêt de l'éolienne suite au déclenchement de capteurs de sécurité (survitesse, arc ou incendie...), une intervention humaine sur place est nécessaire afin d'examiner l'installation et supprimer les causes du dysfonctionnement.

Le constructeur Enercon a établi des centres de maintenance de proximité en parallèle de la construction des parcs afin d'en assurer une maintenance optimale. Le plus proche du projet est celui de Le Meux, à près de 1h20 de route.

Une maintenance préventive est réalisée sur les machines. Celle-ci consiste à changer les composants de la machine suivant leur cycle de vie. Le changement des pièces défectueuses constitue le second type de maintenance : la maintenance curative.

### L.3.1 - DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Conformément à l'art. 22 de l'arrêté du 26 août 2011, les consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation.

Ces consignes indiquent :

- 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.

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

Tous les techniciens possèdent une habilitation aux premiers secours. Cette dernière est renouvelée tous les deux ans. Signalons également que les interventions s'effectuent toujours en équipe. Par ailleurs, des formations spécifiques à l'usage du système d'évacuation sont dispensées tous les deux ans en interne par des formateurs habilités.

### L.3.2 - CIRCULATION DES VÉHICULES ET DU PERSONNEL

#### L.3.2.1 - Sur le site

Les risques d'accident de circulation sur le site sont faibles :

- la vitesse de circulation est limitée sur les chemins d'exploitation du parc et le personnel est tenu de respecter ces limitations ainsi que le Code de la Route,
- les chemins d'exploitation font l'objet d'un entretien régulier (entretien à la charge de l'exploitant),
- il y a peu de circulation du personnel sur le site : ces déplacements sont spécifiques à des interventions sur une ou plusieurs machines et ne nécessitent pas de va-et-vient sur le site,
- hormis la circulation des engins agricoles, il y a peu de circulation supplémentaire à celle du personnel, le risque d'accident avec des tiers est ainsi très limité,
- l'aire de circulation est très faible.

Le port du casque et de chaussures de sécurité est obligatoire pour tout le personnel.

#### L.3.2.2 - Du site vers la base de maintenance

Le risque d'accident de circulation entre le site et la base de maintenance est similaire à celui des individus prenant régulièrement la route.

Le personnel est tenu de respecter les limitations de vitesse ainsi que le Code de la Route.

La société de maintenance veille particulièrement au respect de ces règles par son personnel. Les véhicules disposent d'un système de géolocalisation, en cas de secours.



### L.3.3 - LES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE

L'appellation EPI (Équipement de Protection Individuelle) s'applique à tout dispositif ou moyen destiné à être porté ou tenu par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa santé ainsi que sa sécurité.

Selon la directive 89/656/CEE, du 30 novembre 1989 : l'employeur se doit de fournir un EPI conforme aux dispositions communautaires relatives à la conception et à la construction en matière de sécurité et de santé le concernant. Dans tous les cas, un EPI doit :

- être approprié par rapport aux risques à prévenir, sans induire lui-même un risque accru,
- répondre aux conditions du lieu de travail,
- tenir compte des exigences ergonomiques et de santé du travailleur,
- convenir au porteur, après tout ajustement nécessaire.

Les EPI sont fournis gratuitement par l'employeur, qui assume les charges liées au maintien de leur fonctionnement (entretien, réparation, remplacement).

Les travailleurs sont informés des risques contre lesquels le port de l'EPI les protège. Une formation et des entraînements peuvent être organisés afin que les divers EPI soient correctement utilisés.

Les consignes relatives au port des protections sont affichées en pied de machine et dans les lieux où les EPI doivent être portés.

La figure qui suit expose les différents EPI (caractéristiques et fonctions) utilisés dans le cadre de la maintenance éolienne.

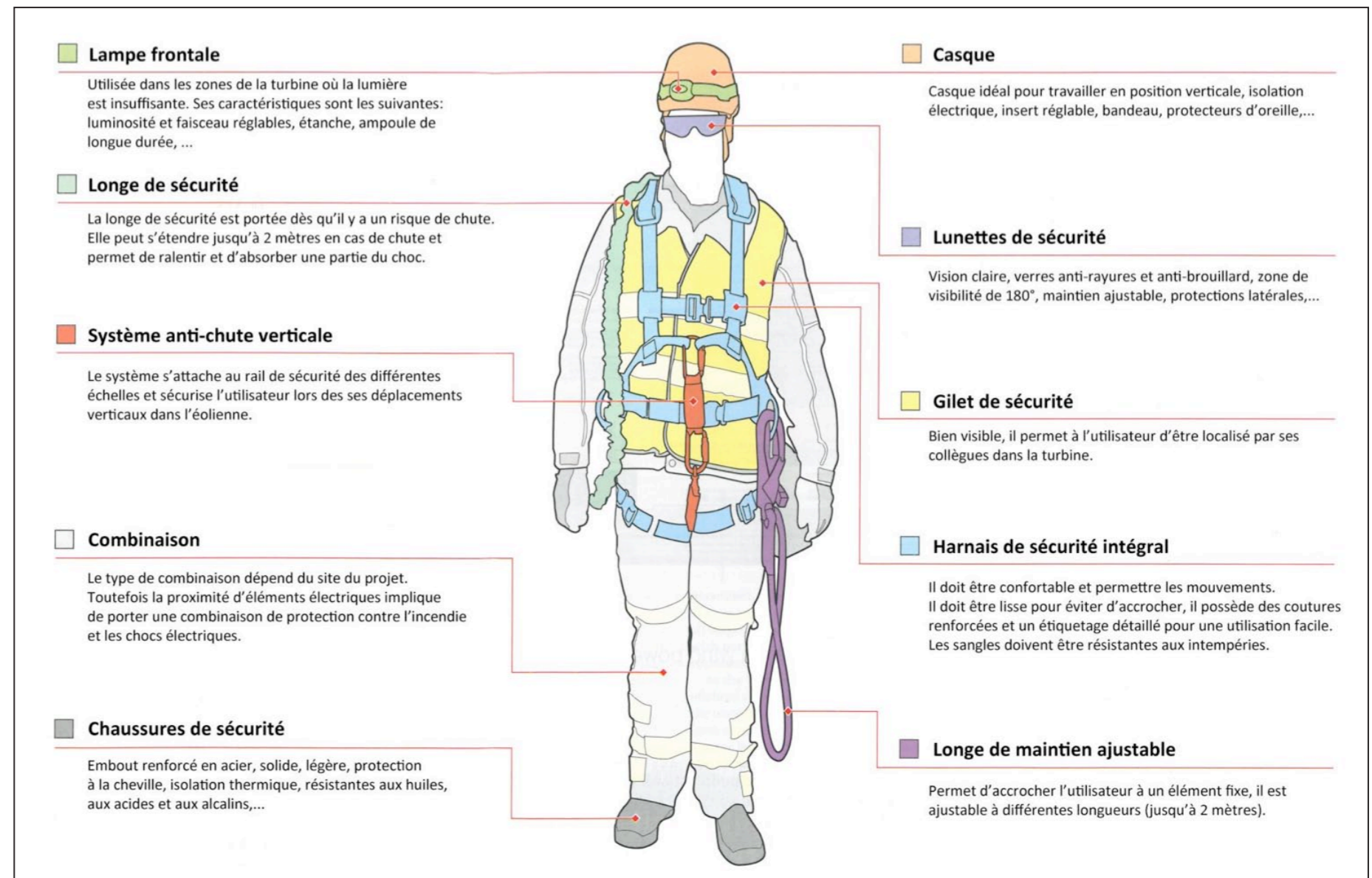


Figure 127 : Les différents EPI pour la maintenance éolienne

### **L.3.3.1 - Protections sonores autour des sources de bruit**

Le bruit le plus important est généré quand l'éolienne est en fonctionnement, à l'intérieur de la nacelle.

Certains constructeurs interdisent toute présence humaine dans la nacelle lorsque l'éolienne fonctionne. La maintenance avec l'éolienne en fonctionnement représente ainsi une part très limitée du temps de travail, de l'ordre de 1 %.

La maintenance a donc principalement lieu quand l'éolienne est arrêtée, avec un niveau de bruit équivalent à celui du bruit ambiant (le ventilateur et le transformateur étant coupés). Lorsque ces équipements restent en fonctionnement le niveau sonore est de l'ordre de 80 dB.

Les appareils, conformes aux dispositions légales, ne constituent pas, pour le technicien au poste de travail, un risque pour sa santé. Il dispose, de plus, d'équipements de protection contre le bruit (bouchon antibruit, casque), utilisés à l'intérieur de l'éolienne en fonctionnement mais également lors de l'utilisation d'outils générant un bruit important.

En outre, le personnel suit des visites médicales, qui comprennent entre autre, un contrôle de l'ouïe.

### **L.3.3.2 - Protections contre la chute**

Les chutes peuvent se produire :

- dans le mât,
- de la nacelle, vers l'intérieur (dans le mât) ou vers l'extérieur,
- du moyeu du rotor vers l'extérieur.

Les techniciens intervenant dans les éoliennes sont systématiquement équipés de harnais spécifiques au travail en hauteur et de deux dégaines leur permettant de s'assurer continuellement sur les différentes lignes de vie dont dispose l'installation. Une procédure spécifique à chaque intervention à risque doit être suivie.

Les techniciens ont tous une habilitation pour le travail en hauteur qui est renouvelée tous les deux ans, permettant ainsi de vérifier l'aptitude et la compétence du personnel.

La nacelle de l'éolienne est équipée d'un dispositif de sauvetage conforme à la norme EN 341. Le dispositif de sauvetage sert pour le sauvetage de personnes incapables d'utiliser l'EPI contre la chute, ainsi que pour l'évacuation dans toutes les situations d'urgence, quand l'éolienne ne peut être quittée sans danger via l'échelle. Ce matériel, ainsi que les lignes de vies et garde-corps sont contrôlés tous les ans, en interne.

#### ***L.3.3.2.1 - Dans le mât***

La circulation à l'intérieur du mât, que ce soit pour la montée ou pour la descente s'effectue par le monte-charge qui dispose d'une cage anti-chute. Plusieurs plates-formes intermédiaires forment des étages à l'intérieur du mât. Le matériel peut être acheminé par ce monte-charge ou le cas échéant, par un treuil, pour les éléments les plus lourds ou les plus grands.

En cas de nécessité (panne, évacuation d'urgence...) une échelle permet de monter et descendre dans l'éolienne. Cette échelle dispose d'un garde-corps ainsi que d'une ligne de vie. Elle s'arrête sur chaque plate-forme.

#### ***L.3.3.2.2 - Dans la nacelle***

Dès lors que les techniciens ont à intervenir depuis la nacelle vers l'extérieur (toit, utilisation du treuil...), ils se mettent en sécurité via la ligne de vie. Notons toutefois, qu'à l'intérieur même de la nacelle, la mise en place de ligne de vie n'est pas possible (contrainte technique).

#### ***L.3.3.2.3 - Dans le moyeu du rotor***

Dès lors que les techniciens ont à intervenir dans le moyeu, ils travaillent toujours les pieds à terre et à la verticale. Aucun réseau de ligne de vie n'est possible dans cet espace.

La société de maintenance veille particulièrement au respect de ces procédures de sécurité par son personnel.  
Les risques de chute sont donc faibles.

## **L.3.4 - PROTECTIONS LIÉES AUX MOYENS DE LEVAGE**

### **L.3.4.1 - Les principaux risques**

Les principaux risques sont :

- déplacements sur échelle et marchepied et chutes de hauteur,
- exposition aux intempéries (chaleur, froid, vent, givre, pluie),
- exposition au bruit du chantier,
- contraintes posturales dans un espace réduit,
- chute en gravissant ou en descendant de l'échelle de montée,
- lombalgies d'effort (manutention du matériel de calage et d'arrimage),
- risque d'accident vis-à-vis des tiers en cas de mauvaise manoeuvre avec heurt du personnel du chantier avec la charge,
- électrisation (contact de la grue avec un conducteur aérien sous tension),
- chute de la charge.

### **L.3.4.2 - L'engin de levage**

Différents appareils permettent de garantir la stabilité du moyen de levage :

- grue équipée d'un anémomètre avec alarme et pré-alarme,
- limiteur de charge et limiteur de couple,
- translations de grue contrôlées (butées, socle),
- systèmes d'aide automatique à la conduite appropriés,
- sécurisation de l'accès de la cabine : échelle à crinoline avec palier de repos, ascenseur,
- siège et poste de commande ergonomiques,
- cabine climatisée ou chauffée et ventilée,
- bonne liaison grutier-responsable des travaux (radio, pupitre, téléphone).

### **L.3.4.3 - L'entretien de l'engin de levage**

Les appareils de levage sont munis d'un carnet de maintenance. L'arrêté du 2 mars 2004 en application depuis le 1<sup>er</sup> avril 2005 impose l'existence d'un carnet de maintenance tenu à jour pour chaque appareil de levage.

Avant et après leur utilisation, les engins de levage doivent faire l'objet de vérifications et d'opérations de maintenance.

Quatre chapitres du Code du Travail définissent les règles applicables :

- vérifications générales périodiques prescrites par l'article R.4323-23 à R.4323-27,
- vérifications lors de la mise en service prescrites par l'article R.4323-22,
- vérifications lors de la remise en service prescrites par l'article R.4323-28,
- tenue d'un carnet de maintenance prescrite par l'article R.4323-20.

L'inobservation de ces règles engage la responsabilité pénale personnelle du responsable.

La maintenance comporte un examen approfondi des éléments essentiels tous les 5 ans si la maintenance prescrite par le constructeur dans la notice d'instructions n'a pas été réalisée.

### **L.3.4.4 - L'installation sur le site du chantier**

Dans des conditions venteuses sévères ou géologiques douteuses, une étude préalable des risques de renversement des grues à tour sous l'effet du vent ou d'une défaillance du sol sous les stabilisateurs est réalisée pour évaluer les effets de site liés au vent et obtenir un avis sur le sol et les fondations. Un cahier des charges est transmis à l'exploitant pour être mis en forme lors de la maintenance.

Il convient de s'assurer que la grue est placée sur un sol sain et compacté afin d'éviter tout mouvement de sol. Le système de calage doit être de taille significative par rapport aux vérins pour pouvoir jouer pleinement son rôle de stabilisateur.

Il est impératif de s'assurer que les préposés utilisateurs de la grue connaissent et appliquent les règles de sécurité inhérentes à ce type de matériel : verrouillage du système de freinage, flèche en girouette...

## L.3.5 - PROTECTION CONTRE LE RISQUE INCENDIE

Chaque machine est dotée de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur.

### L.3.5.1 - Risque présenté

Les opérations de maintenance, la défaillance d'un appareil, une surtension peuvent amener un départ de feu dans la nacelle en présence de personnel. Rappelons que la maintenance n'est pas autorisée en période d'orage.

En dehors du personnel, la foudre ou une surchauffe liée à l'emballement de la machine peut entraîner un incendie. Par conséquent, ce dernier peut conduire à la chute de bris de pale ou / et la ruine de l'éolienne.

### L.3.5.2 - Moyens de prévention

#### L.3.5.2.1 - Pour le personnel

Le déclenchement des détecteurs de fumée génère une sirène dans la nacelle et dans la tour et avertit ainsi le personnel présent.

L'éolienne dispose de plusieurs extincteurs, bien visibles et facilement accessibles, à l'arrière de la nacelle et à l'entrée de l'éolienne. Ils font l'objet d'un contrôle annuel par une société extérieure.

Les employés de maintenance seront formés aux différentes méthodes d'évacuation comme l'utilisation du système d'évacuation d'urgence depuis l'intérieur de la nacelle.

Le plan d'évacuation (exemple en Figure 128) permet au personnel d'évacuer l'éolienne. De plus, une couverture anti-feu est présente pour tous les travaux par points chauds et permis de feu. Les techniciens de maintenance disposent toujours de kits de premiers secours avec eux.

#### L.3.5.2.2 - En l'absence de personnel

Un système d'alarme est couplé avec un système de détection qui informe l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal. L'exploitant est alors en mesure de contacter les secours dans un délai de 15 min à compter de l'entrée en fonctionnement anormal de la machine, conformément à l'art. 23. de l'arrêté du 26 août 2011. Les secours mettront en place un périmètre de sécurité dès leur arrivée.

Le déclenchement des détecteurs de fumée induit également l'arrêt de l'éolienne et son isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât. La procédure d'arrêt est ainsi mise en oeuvre en moins de 60 min, conformément à l'art. 24. de l'arrêté du 26 août 2011.

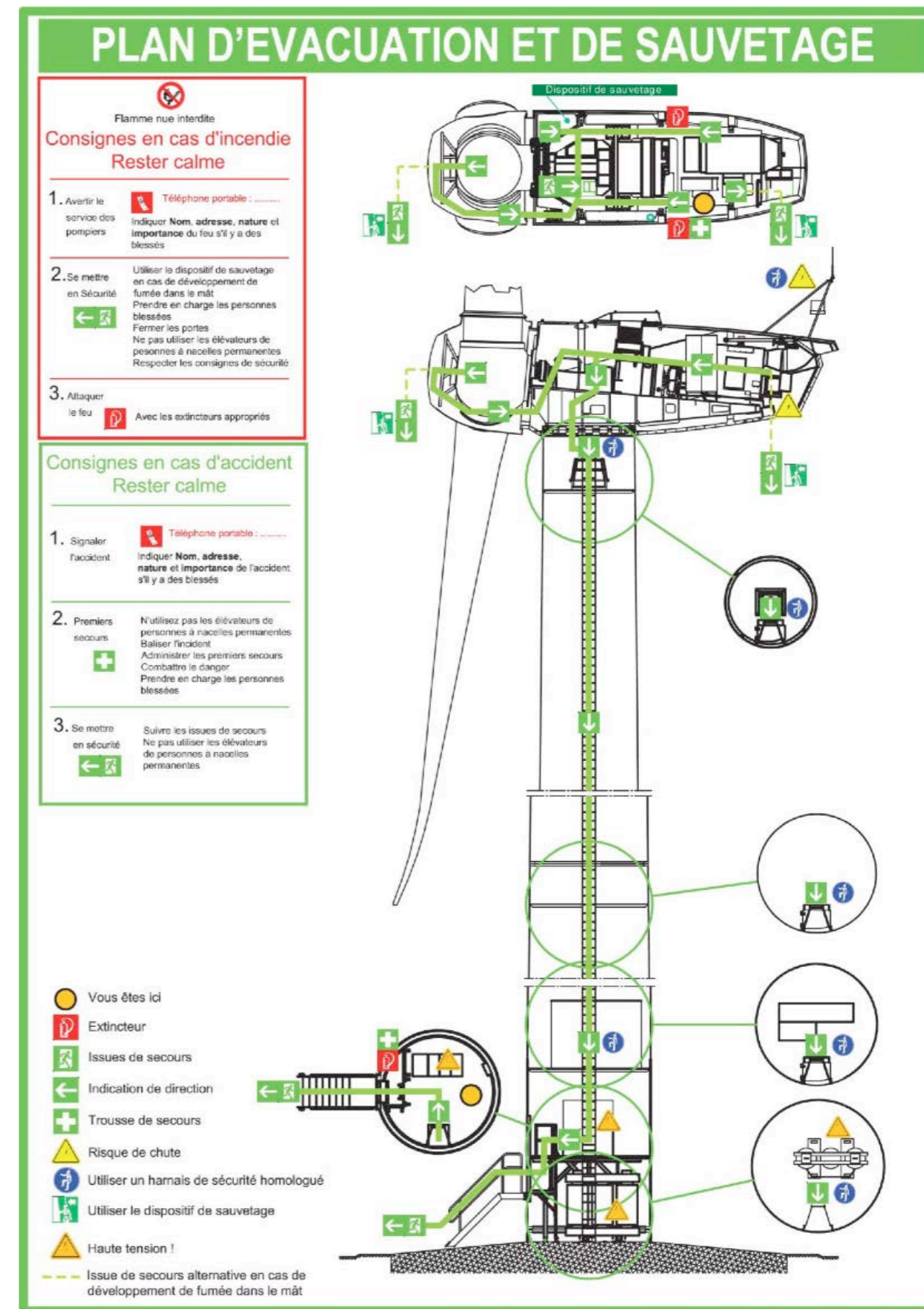


Figure 128 : Exemple de plan d'évacuation de l'éolienne

## L.3.6 - PROTECTION CONTRE LES PIÈCES MÉCANIQUES

### L.3.6.1 - Risque présenté

Les pièces mécaniques, par leur rotation, peuvent engendrer des blessures corporelles plus ou moins graves, pouvant aller jusqu'au décès de la personne. La nacelle comporte toutefois peu de pièces en mouvement.

### L.3.6.2 - Moyens de prévention

Toutes les pièces mécaniques en mouvement (accouplements, arbres, chaînes, etc.) sont protégées par des carters.

Des boutons "coup de poing" d'arrêt d'urgence permettent l'arrêt de l'installation. Ils sont situés à l'entrée de l'éolienne et au niveau de la nacelle. Le déclenchement de ces boutons conduit à l'arrêt de l'éolienne (mise en drapeau des pales, déclenchement du frein hydraulique, coupure de la haute tension puis arrêt des systèmes hydrauliques). L'électricité est maintenue pour l'éclairage et les dispositifs de contrôle.



Figure 129 : Bouton d'arrêt d'urgence sur la boîte de contrôle de la nacelle

## L.3.7 - RISQUE ÉLECTRIQUE

Les installations électriques sont conformes aux normes UTE C18-510.

Ces installations sont entretenues en bon état et sont contrôlées à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs aux dites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000.

### L.3.7.1 - Risque présenté

L'éolienne présente toujours une basse ou une moyenne tension. La maintenance s'effectue donc avec la présence du courant électrique dans l'installation, ce qui peut engendrer pour le personnel des risques d'électrocution et de brûlures. Les causes ou les processus conduisant à ces risques sont essentiellement :

- le contact direct avec les conducteurs nus sous tension,
- le contact par l'intermédiaire d'une masse métallique mise accidentellement sous tension,
- les arcs électriques.

### L.3.7.2 - Moyens de prévention

La protection du personnel contre les contacts directs est réalisée soit par l'isolement des parties actives des matériels électriques, soit par la mise sous gaine. Les armoires électriques ainsi que les coffrets de liaison des machines et matériels sont maintenus fermés.

Le personnel de maintenance possède une habilitation électrique pour intervenir sur ces installations. Cette dernière est régulièrement renouvelée, afin de vérifier l'aptitude et les connaissances du personnel dans ce domaine.

Dans le cadre du décret N°88-1056 du 14 novembre 1988 (protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en oeuvre des courants électriques), les installations électriques font l'objet de vérifications annuelles par un organisme agréé haute tension (HT).

Pour la basse tension (BT), les vérifications sont réalisées, en interne, par des équipes dédiées à cette tâche et habilitées par un organisme extérieur.

## **L.3.8 - PROTECTION CONTRE LES PRODUITS UTILISÉS**

L'entreposage à l'intérieur et aux abords de l'éolienne de matériaux combustibles ou inflammables est interdit (art. 16 de l'arrêté du 26 août 2011).

### **L.3.8.1 - Inventaire**

Les principales catégories de produits mis en oeuvre dans l'éolienne sont principalement des dégrappants, des freins filets, des graisses, des huiles, des nettoyants, de la peinture, du silicone...

### **L.3.8.2 - Risques chimiques**

Les produits chimiques sont dangereux en raison de :

- leur activité vis-à-vis d'autres substances ou produits (incompatibilité),
- leur activité propre (toxicité, inflammabilité, température d'emploi).

Les risques inhérents à ces aspects sont pour le personnel :

- les brûlures chimiques occasionnées par des projections de produits caustiques,
- les brûlures thermiques en cas d'inflammation de produits combustibles, ou de contact avec des points chauds ou froids,
- l'intoxication aiguë ou chronique,
- vapeur (lié au confinement de la nacelle).

### **L.3.8.3 - Moyens de prévention**

Tous les récipients contenant des matières premières sont étiquetés conformément à la législation en vigueur.

Une formation orale ainsi qu'une sensibilisation est apportée au personnel concerné sur les points suivants :

- les dangers présentés par les produits,
- les opérations de manipulation de produits,
- le comportement à tenir en cas d'incident ou d'accident.

Les fiches de données de sécurité des produits sont portées à la connaissance des personnes les manipulant.

### **L.3.8.4 - Moyens de traitement**

En cas de fuite, les véhicules de maintenance sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent :

- de contenir et arrêter la propagation de la pollution,
- d'absorber les 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, la société de maintenance se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates.

## **L.3.9 - PROTECTION CONTRE LE POIDS**

Les pièces mécaniques des éoliennes peuvent être très lourdes (plusieurs tonnes).

L'ascenseur est utilisé pour le petit matériel. Pour toutes les pièces volumineuses, un treuil peut être utilisé. Si la charge est très importante, une grue est mise en place.



## M - CONCLUSION

Le projet éolien du Moulin de Jérôme est constitué de 4 éoliennes d'une puissance de 3,05 MW chacune.

Le site du projet a déjà fait l'objet d'un parc éolien autorisé. Il s'étend sur le plateau agricole du Cambrésis, exploité en openfield, ne présentant pas de contrainte majeure pour l'implantation d'éoliennes.

La ressource en vent y est notable et le modèle d'éolienne choisi permet de maximiser la production d'électricité par machine.

Le Schéma Régional Éolien a d'ailleurs retenu ce site comme pôle de densification dans sa stratégie de développement de l'éolien.

Pour l'implantation du projet, le choix a été fait d'adopter la logique paysagère du projet accepté lorsque les autres contraintes environnementales le permettent.

Le positionnement des éoliennes a ainsi été choisi afin d'éviter les secteurs les plus sensibles aux risques et aux enjeux écologiques, ainsi que pour réduire l'utilisation du parcellaire agricole.

L'analyse des autres impacts du projet, réalisée notamment au travers de diverses études spécifiques, montre des impacts globalement faibles : aucun défrichement, faible risque d'impact sur les chiroptères et l'avifaune, aucun impact direct sur les habitats naturels, faible impact sur l'activité agricole, respect de la réglementation sonore en vigueur, y compris avec le cumul des impacts.

Les mesures d'évitement et de réduction (enfouissement des réseaux, éloignement des boisements), et complémentaires (suivis acoustiques, avifaune et chiroptères, enfouissement de réseaux électriques), qui accompagnent le projet permettent de limiter encore ces impacts.

Considérant la volonté nationale de développement des énergies renouvelables et de réduction des gaz à effet de serre tout en limitant le mitage du territoire, ce projet apparaît donc tout-à-fait compatible avec l'environnement.