

FIGURE 9 : SOLUTION 3

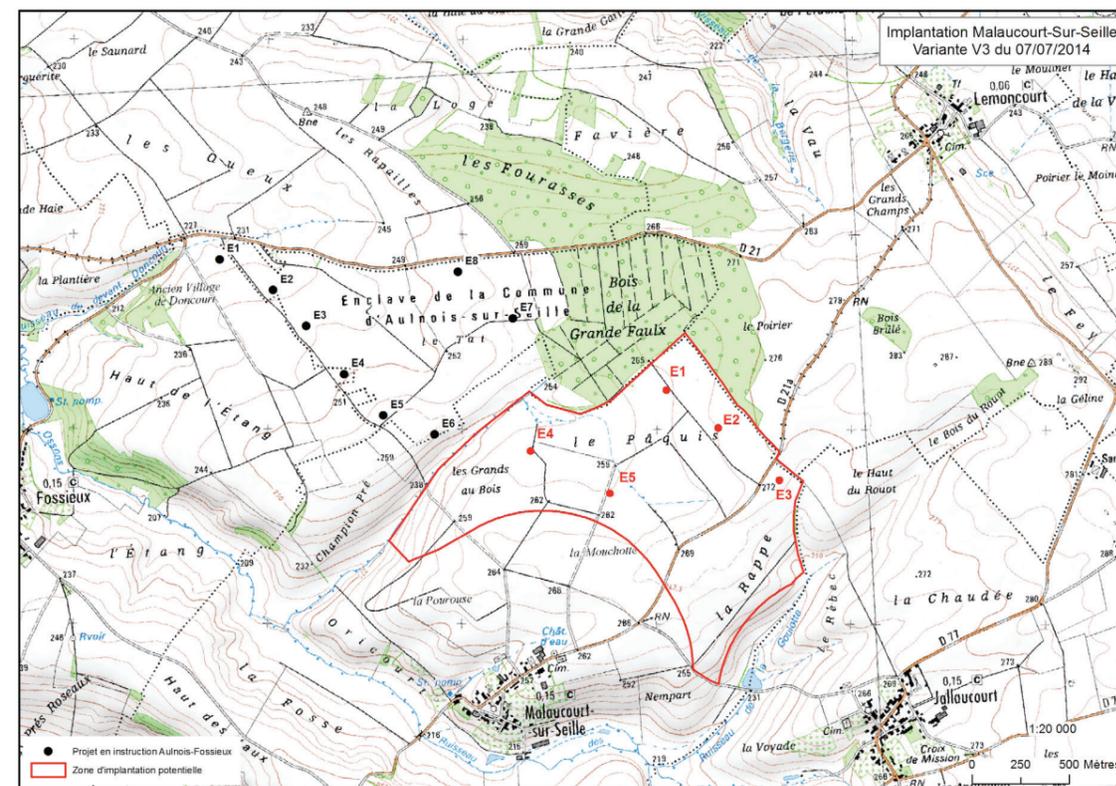


FIGURE 10 : SOLUTION 4

Toutefois, une troisième proposition (solution 3) a du être définie du fait d'une visibilité trop importante depuis le village de Malaucourt sur Seille et de contraintes acoustiques trop importantes engendrées par la seconde solution. Malgré la suppression d'une éolienne, cette troisième solution restait encore trop contraignante d'un point de vue acoustique, une quatrième solution a du être envisagée.

Cette dernière (solution 4) proposition voit donc la suppression d'une nouvelle éolienne. Cette nouvelle proposition d'aménagement permet ainsi d'obtenir une implantation de moindre impact d'un point de vue acoustique et paysager notamment. Des quatre solutions envisagées, elle présente également le meilleur compromis entre les impératifs techniques de production et la prise en compte de l'environnement.

Le projet s'est ainsi construit sur un plateau entouré de plusieurs communes dépourvues de contraintes environnementales majeures. Lors du choix des emplacements sur cette nouvelle zone d'implantation potentielle, les éoliennes ont été, comme précédemment, éloignées au maximum des zones habitées afin de limiter au plus les nuisances sur l'habitat tout en conservant une organisation du parc qui soit agréable au niveau paysager. Un autre élément ayant guidé le choix d'implantation est le fait de s'appuyer au maximum sur les parcelles et les chemins agricoles existants. Le projet n'implique pas dans notre cas la création de nouveaux chemins mais s'appuie uniquement sur les voies existantes.

Concernant la problématique environnementale, notamment la présence d'une avifaune ainsi que d'espèces de chauves souris d'intérêt, un certain éloignement vis-à-vis des boisements a été maintenu. De même, l'espacement entre les éoliennes a été réduit afin de favoriser la visibilité du parc pour l'avifaune lors des migrations.

A noter que les éoliennes sont implantées sur deux lignes, dans la continuité du projet d'Aulnois sur Seille et de Fossieux, dont une ligne plus à l'Ouest, face au vent dominant, dans un souci d'amélioration de la productivité. L'implantation retenue permet d'être éloigné de toute canalisation de gaz, d'hydrocarbures ou de lignes haute tension.

Actuellement, quatre constructeurs sont encore en lice : ENERCON, NORDEX, SENVION et VESTAS. Le choix des machines est fonction des caractéristiques techniques de celles-ci. Ce sont ainsi les aérogénérateurs les plus efficaces du marché et qui permettent le mieux de tirer profit des conditions d'exploitation locales qui sont retenus.

# J - IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES POTENTIELS DE DANGER

---

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).

## **J1 - 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 la présence d'huiles de lubrification dans les machines et l'utilisation d'autres produits chimiques lors de la maintenance.

On notera parmi les principaux éléments chimiques présents :

- le liquide de refroidissement (eau glycolée),
- les huiles de lubrification pour la boîte de vitesse,
- les huiles pour le système hydraulique,
- l'huile pour le système limitant les oscillations de la nacelle),
- les graisses pour la lubrification des roulements.

Les huiles, les graisses et l'eau glycolée. Ce 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, mais toujours en quantité faible (quelques litres au plus). Parmi ces produits on note :

- 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 anti-corrosion.

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

## J2 - POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PROCÉDÉS

Les tableaux ci-après 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 normale (excluant les phases de construction, transport, maintenance lourde...).

### J2.1 - IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX CONDITIONS D'EXPLOITATION

### J2.2 - POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PERTES D'UTILITÉS

Équipement / Installation	Phase opératoire	Principaux phénomènes dangereux associés
Mât :	Éolienne en fonctionnement	Chute du mât
- Tour	Éolienne en phase d'arrêt	Pliage du mât
- Équipements électriques situés dans le mât	Éolienne à l'arrêt	Incendie en pied de mât
Nacelle :	Éolienne en fonctionnement	Chute de la nacelle
- Présence d'huiles et graisses	Éolienne en phase d'arrêt	Incendie de la nacelle - Risque de dévissage
- Équipements électriques et mécaniques	Éolienne à l'arrêt	
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

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 (APR).

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		Perte des systèmes informatiques	Non-fonctionnement d'équipements d'exploitation
			Dysfonctionnements latents d'équipements de sécurité
		Perte du système SCADA (Supervisory control data and acquisition)	Perte du transfert des informations et défauts

## **J3 - POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX ÉVÉNEMENTS EXTERNES AUX PROCÉDÉS**

Les événements externes aux procédés comprennent d'une part les conditions climatiques exceptionnelles et enfin les dangers d'origine non naturelle.

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. Les variations de température peuvent conduire à une fatigue mécanique précoce. La combinaison de températures froides avec un taux d'humidité élevé peut conduire à la formation de glace sur les pales des éoliennes. Ces blocs de glace peuvent alors être projetés sous l'effet du vent ou de la rotation des pales.

Les **précipitations** sont l'une des sources d'humidité qui constituent un facteur essentiel dans la plupart des types de corrosion. A l'extérieur, les pales du rotor sont protégées des intempéries par un revêtement de surface robuste et très résistant.

L'accumulation de **neige** sur des surfaces horizontales occasionne des charges importantes, susceptibles de provoquer des ruptures de structures, des courts-circuits et des pertes de visibilité. La forme aérodynamique de la nacelle limite le risque d'accumulation.

Les **vents violents** peuvent être la cause de détériorations de structures, de chute/pliage de mât, de survitesse et de projection de pales, ils sont donc pris en compte dans le dimensionnement des éoliennes.

La **foudre** peut induire des effets thermiques pouvant être à l'origine d'incendies, explosions ou dommages aux structures. Elle peut également endommager les équipements électroniques, en particulier les équipements de contrôle commande et/ou de sécurité. De par leur taille, les éoliennes sont particulièrement vulnérables au risque foudre, elles sont donc équipées d'un système parafoudre performant.

Un **séisme** pourrait conduire à la chute du mât. La présence d'une grande partie de la masse en haut de la tour rend les éoliennes particulièrement vulnérables aux séismes. Les éoliennes doivent être dimensionnées conformément à la réglementation française en vigueur. Rappelons que le projet est localisé en zone de sismicité 1 (risque le plus faible).

Un **mouvement de terrain** pourrait aussi être à l'origine d'une chute d'éolienne. L'étude géotechnique permet de garantir un bon dimensionnement des installations, et ainsi d'écarter le risque de mouvement de terrain hors séisme.

L'**atmosphère en bordure de mer** peut conduire à une détérioration accélérée d'équipements ou d'ouvrages à cause des phénomènes de corrosion. Les matériaux sont donc adaptés à l'environnement dans lequel ils se trouvent. Par ailleurs, des marées ou des vagues de forte amplitude présentent un risque de submersion et d'endommagement (voire de chute) des installations. Rappelons que le site est éloigné de toute mer ou océan.

Un **incendie de la végétation** présente dans le site et aux alentours serait susceptible de se propager aux installations.

Un **accident sur les installations industrielles voisines** (projections de « missiles », surpressions, effets thermiques) ou les **canalisations de transport de fluides inflammables** (explosion, feu torche, feu de nappe) pourrait être à l'origine de dégradations majeures des éoliennes. Rappelons que le projet n'est pas situé à proximité d'ICPE, le canalisation de gaz ou de d'hydrocarbure.

Un **choc (parachute, parapente...)** sur les **pales** des éoliennes pourrait causer un endommagement de ces dernières.

Un **accident routier/ferroviaire/maritime** peut agresser les installations (impact/choc d'un véhicule sur le mât d'une éolienne, accident sur des camions/wagons de matières dangereuses). Les éoliennes du projet sont éloignées des voies de circulation et aérodromes.

Les installations peuvent faire l'objet de **tentatives éventuelles d'intrusions ou d'actes de malveillance** (vols, sabotage...) pouvant provoquer des incidents mineurs sur les installations (porte dégradée...) et des risques d'électrocution. Conformément à l'annexe IV de l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs, les actes de malveillance ne seront pas considérés comme événements initiateurs potentiels dans l'analyse des risques.

## **J4 - RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGER**

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

- suppression des procédés et des produits dangereux (éléments porteurs de dangers),
- ou bien de remplacement de ceux-ci par des procédés et des produits présentant un danger moindre,
- ou encore de réduction des quantités de produits dangereux mises en œuvre sur le site.

### **• Suppression des potentiels de dangers et réduction des quantités de produits dangereux**

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.

## J5 - ANALYSE DE L'ACCIDENTOLOGIE

Les informations d'organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature spécialisée...) permettent d'établir une accidentologie et définir les types de sinistres les plus fréquents, leurs causes et leurs effets, ainsi que les mesures prises pour limiter leur occurrence ou leurs conséquences.

Les bases de données utilisées par l'Ineris pour constituer l'accidentologie de la filière éolienne, sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détails de l'information.

Leur étude démontre que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques.

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

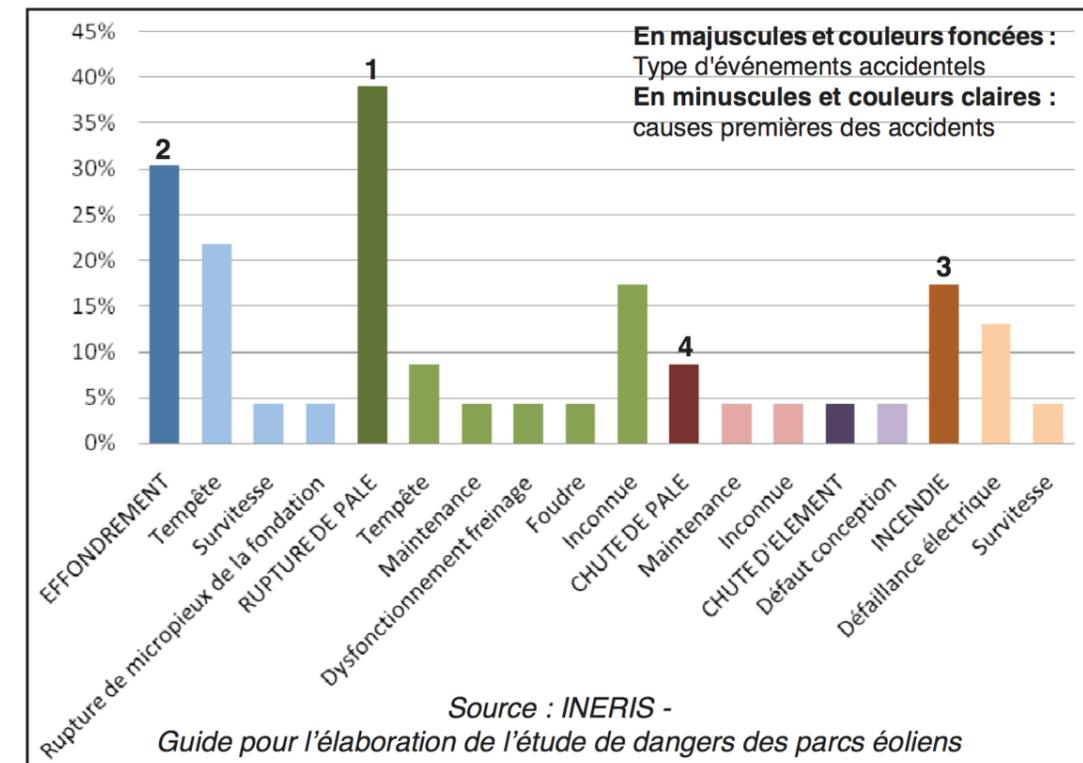
- effondrements,
- ruptures de pales,
- chutes de pales et d'éléments de l'éolienne,
- incendie.

**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.**

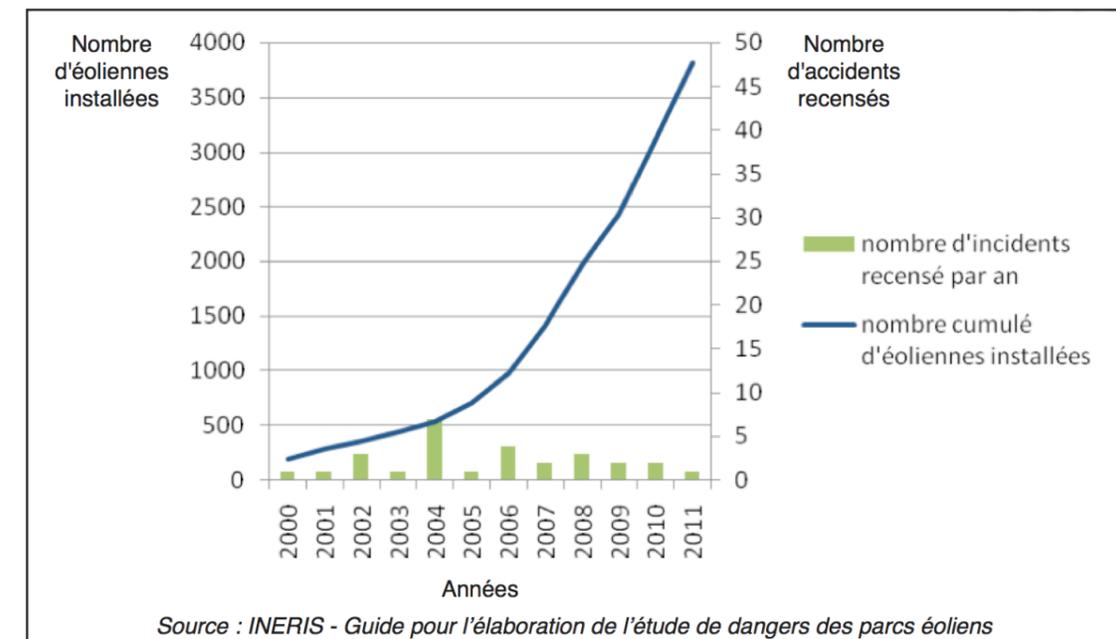
Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant.

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

**FIGURE 11 : TYPE D'ÉVÉNEMENTS ACCIDENTELS ET CAUSES PREMIÈRES SUR LE PARC D'AÉROGÉNÉRATEURS FRANÇAIS ENTRE 2000 ET 2001**



**FIGURE 12 : MISE EN PARALLÈLE DE L'ÉVOLUTION DU PARC ÉOLIEN FRANÇAIS ET ÉVOLUTION DU NOMBRE D'INCIDENTS RECENSÉS CHAQUE ANNÉE**



## **J6 - 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 «Etude Détaillée des Risques».

### **J6.1 - RECENSEMENT DES ÉVÉNEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES**

Certains scénarios sont exclus de l'Analyse des Risques conformément à la circulaire du 10 mai 2010 (chute de météorites, crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur...) ou parce que 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...).

### **J6.2 - AGRESSIONS EXTERNES D'ORIGINE HUMAINE**

Les activités humaines sont susceptibles de constituer un agresseur potentiel en fonction de la distance qui les sépare des aérogénérateurs\*.

La majorité des infrastructures sont trop éloignées pour constituer des agresseurs externes, exception faite des aérogénérateurs entre eux et de la ligne haute-tension.

### **J6.3 - AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX PHÉNOMÈNES NATURELS**

Les principales agressions externes liées aux phénomènes naturels auxquelles les aérogénérateurs sont soumis sont :

- **vents et tempêtes** : rafales supérieures à 100 km/h peu fréquentes (4 jours/ an) au droit de la zone d'étude. Lors de la tempête de 1999 (le seul arrêté de catastrophe naturel sur la zone), les vents étaient compris entre 80 et 120 km/h au droit de la zone d'étude,
- **foudre** : le niveau kéraunique et la densité de foudroiement sont inférieurs ou égaux à la moyenne française, le risque orageux dans le secteur du projet, peut donc être considéré comme relativement modéré.
- **les glissements de terrain** : aucun antécédent.

### **J6.4 - SCÉNARIOS ÉTUDIÉS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES**

A 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.

*Rappelons que la définition des limites de propriétés est la suivante : dans le cas d'une installation comportant un ou plusieurs aérogénérateurs, les limites de propriété correspondent aux mâts des éoliennes et au poste de livraison.*

*Pour mémoire, une APR ne prend en compte que des risques impactant des cibles humaines. Concernant les risques naturels de type «séisme», «inondation»..., le fait de retenir ou non le scénario dépend du niveau de risque sur la commune impactée.*

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événements 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.

\* : Les aérodromes constituent des agresseurs potentiels lorsqu'ils sont localisés à moins de 2 km des aérogénérateurs (selon l'Ineris). Ces distances s'élèvent à 500 m pour les éoliennes et 200 m pour les autres activités humaines.

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	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Détecter la formation de glace et prévenir la projection de glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatifs des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatifs des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	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	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification - convertisseur - 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	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance ((N°10)	Impact sur cible	1

N°	Événement initiateur / cause	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation ) (N°9)	Impact sur cible	1
C03	Défaut fixation nacelle - pivot central - mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation ) (N°9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue, corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation ) (N°9)	Projection/chute fragments et chute pale	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation ) (N°9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation ) (N°9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E03	Crash d'aeronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation ) (N°9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E04	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en oeuvre dans le cadre du plan de prévention	Chute fragments et chute mât	2
E05	Désaxage critique du rotor	Impact pale - mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation ) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E06	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation ) (N°9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2

## J6.5 - 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.

N°	Fonction de sécurité	Mesure de sécurité	Description	Indép.	Temps de réponse	Efficacité	Test	Maintenance
1	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	Système de détection de givre et glaces Procédure adéquate de redémarrage	Formation de glace > contrôle des données de fonctionnement > arrêt de l'éolienne en cas de valeurs anormales	non	Quelques minutes (< 60 min conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011).	100 %	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne	Vérification après 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel (article 18 de l'arrêté du 26 août 2011).
2	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Panneautage en pied de machine Éloignement des zones habitées et fréquentées	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).	oui	NA	100 %	NA	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.
3	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	Capteurs de température ambiante et des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de t° pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement	Capteurs de température dans et sous la nacelle : arrêt de l'éolienne (mise en pause) si température > 40 °C. Capteurs de température sur certains équipements (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur, circuit d'huile, circuit d'eau), avec seuils hauts. Si dépassement : alarme et mise à l'arrêt du rotor.	oui	NA	100 %	NA	Vérification après 3 mois de fonctionnement  Contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.
4	Prévenir la survitesse	Détection de survitesse et système de freinage	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 25 m/s pendant 10 minutes ou si la vitesse de pointe atteint 30 m/s. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne. 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. 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.  En cas de coupure de courant, l'éolienne est automatiquement stoppée par un système de réglage de pale alimenté par une batterie de secours.	oui	Mise à l'arrêt en moins d'une minute. L'exploitant 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'éolienne conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.	100 %	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des éoliennes (article 15 de l'arrêté du 26 août 2011).	Vérification après 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel (article 18 de l'arrêté du 26 août 2011). (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence).

N°	Fonction de sécurité	Mesure de sécurité	Description	Indép.	Temps de réponse	Efficacité	Test	Maintenance
5	Prévenir les courts-circuits	Coupage de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique	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. Le fonctionnement du détecteur commande le déclenchement de la cellule HT, ce qui conduit à la mise hors tension de la machine.	oui	De l'ordre de la seconde	100 %	NA	Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.
6	Prévenir les effets de la foudre	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur	Respect de la norme IEC 61400 – 24 (juin 2010) En cas de coup de foudre sur l'éolienne, le courant de foudre est évacué par un réseau d'éléments métalliques connectés à la barre de terre située en pied de mât. Certains équipements (générateur, châssis du transformateur et la sortie basse tension du transformateur) sont mis à la terre. Le multiplicateur est isolé électriquement du générateur. Les circuits électriques sont blindés contre les champs électriques et magnétiques et équipés de para-surtenseurs.	oui	Immédiat	100 %	NA	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.
7	Protection et intervention incendie	Capteurs de température sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours	Détecteur de fumée, à proximité des armoires électriques dans la nacelle et le pied de tour (sur le réseau secouru): déclenchement détecteurs > alarme locale + arrêt de l'éolienne + isolement électrique + message d'alarme au centre de télésurveillance + information de l'exploitant. 2 extincteurs dans la nacelle et 1 en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).	oui	< 1 minute pour la détection Transmission de l'alerte par l'exploitant aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes.	100 %	NA	Vérification après 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel (article 18 de l'arrêté du 26 août 2011). Contrôle périodique des extincteurs.
8	Prévention et rétention des fuites	Détecteurs de niveau (huiles, liquide de refroidissement) Procédure d'urgence Kits antipollution	Nombreux détecteurs de niveaux d'huile et de liquide de refroidissement permettant de détecter les éventuelles fuites et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Procédures spécifiques pour les opérations de vidange : transfert des huiles sécurisé via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Si pollution : récupération des terres > traitement par une société spécialisée + remplacement.	oui	Peut être long (dépendant du débit de fuite)	100 %	NA	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an

N°	Fonction de sécurité	Mesure de sécurité	Description	Indép.	Temps de réponse	Efficacité	Test	Maintenance
9	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (brides, joints...) Procédures qualités	La norme IEC 61400-1 "Exigence pour la conception des aérogénérateurs" fixe les prescriptions propres à fournir " un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie de l'éolienne ". Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61400-1. Les pales respectent le standard IEC 61400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.	Oui	NA	100 %	NA	Les couples de serrage 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.
10	Prévenir les erreurs de maintenance	Procédure maintenance et formation	Le personnel est formé et encadré. 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. Des check-lists sont établies afin d'assurer la traçabilité des opérations effectuées.	Oui	NA	100 %	NA	NA
11	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite Surveillance des vibrations et turbulences	Mise à l'arrêt de la machine si la vitesse de vent > 25 m/s par le système de conduite (mise en drapeau des pales). Accumulateurs hydropneumatiques : ramener les pales en drapeau, même en cas de perte du système de contrôle, de perte d'alimentation électrique ou de défaillance du système hydraulique.	Oui	Mise à l'arrêt en moins d'une minute	100 %	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des éoliennes (article 15 de l'arrêté du 26 août 2011).	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).

## J6.6 - 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. Les catégories de scénario incendie de l'éolienne, incendie du poste de livraison ou du transformateur et infiltration d'huile dans le sol sont exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité. A l'inverse, les cinq catégories de scénario étudiées dans l'Étude Détaillée des Risques sont les suivantes :

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

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.

## J7 - ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

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

### → Caractérisation des scénarios

Comme la réglementation l'impose aux exploitants, l'étude de dangers doit caractériser chaque scénario d'accident majeur potentiel retenu en fonction de plusieurs paramètres. L'étude porte donc sur la probabilité que l'accident se produise, la vitesse avec laquelle il produit des effets et à laquelle les secours sont en mesure d'intervenir (cinétique), l'effet qu'il aura s'il se produit (intensité) et le nombre de personnes exposées (gravité).

Le croisement de la probabilité et de la gravité renseigne sur l'acceptabilité du risque et la nécessité de mise en place de mesure de maîtrise des risques.

Certains scénarios ont été exclus de l'Analyse Préliminaire des Risques, d'autres ont été écartés de l'Étude Détaillée des Risques. C'est le cas des incendies de l'éolienne ou du poste de livraison et de l'infiltration d'huile dans le sol, ce qui n'empêche que des mesures de sécurité leur soient associées. Les scénarios d'effondrement de la machine, de chute et de projection de pale, de fragments de pale ou encore de glace ont été étudiés en détail. Les principaux éléments relatifs à ces différents scénarios sont présentés ci-après.

La situation des éoliennes en plein champ induit une faible présence humaine.

Aucune voie de circulation structurante (> 2000 véhicules/jours) n'est présente à proximité de la ferme éolienne. Ainsi seul le type de terrain compris dans la zone d'effet est déterminant pour établir le nombre d'équivalent personnes. La présence humaine varie entre 1 personne pour 10 hectares et 1 personne pour 100 hectares.

Quelque soit le scénario considéré, moins de 10 personnes sont recensées dans les zones d'effet. Pour les scénarios d'effondrement et de chute, dont la zone d'effet est la plus restreinte le nombre de personnes exposées est inférieur à 1, tandis qu'il est compris entre 1 et 10 pour les scénarios de projection de glace et d'éléments de l'éolienne.

L'intensité des scénarios (ratio zone d'impact/zone d'effet) varie de modérée à forte dans le cas présent.

La gravité du phénomène, résultante de l'intensité et du nombre de personnes exposées, va de modéré à sérieux sur le parc de Malaucourt avec une majorité de sérieux. 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.

### → Effets dominos

L'effet domino concerne généralement le risque de projection de fragments ou de pale entière, la zone d'effet associée à ce risque étant la plus vaste (500 m).

Dans ce rayon d'action autour des éoliennes, on trouve principalement d'autres éoliennes.

Les effets domino sont possibles entre les aérogénérateurs du parc entre eux. Nous pouvons ajouter que l'éolienne E2 est susceptible d'impacter deux machines (E1 et E3).

Les tableaux suivants récapitulent, l'ensemble des scénarios étudiés et les paramètres de cinétique, intensité, probabilité et gravité qui leur sont associés ainsi que le niveau de risque pour chacune des éoliennes du parc.

Éolienne 1								
Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Nombre de personnes exposées	Gravité	Probabilité	Fonction de sécurité concernées	Niveau de risque - Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Intensité forte	0,75	Sérieux	D	FS 4, FS 5, FS 9, FS 10, FS 11	Risque très faible - Acceptable
Chute de Glace	Zone de survol	Rapide	Intensité modérée	0,12	Modéré	A	FS 1, FS 2	Risque faible - Acceptable
Projection de glace	1,5*(H+ 2R) autour de l'éolienne	Rapide	Intensité modérée	3,26	Sérieux	B	FS 1, FS 2	Risque faible - Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Intensité forte	0,112	Sérieux	C	FS 4, FS 6, FS 9, FS 10, FS 11	Risque faible - Acceptable
Projection de pale ou de fragments de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Intensité modérée	7,85	Sérieux	D	FS 1, FS 4, FS 6, FS 9, FS 10, FS 11	Risque très faible - Acceptable

Éolienne 2								
Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Nombre de personnes exposées	Gravité	Probabilité	Fonction de sécurité concernées	Niveau de risque - Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Intensité forte	0,75	Sérieux	D	FS 4, FS 5, FS 9, FS 10, FS 11	Risque très faible - Acceptable
Chute de Glace	Zone de survol	Rapide	Intensité modérée	0,12	Modéré	A	FS 1, FS 2	Risque faible - Acceptable
Projection de glace	1,5*(H+ 2R) autour de l'éolienne	Rapide	Intensité modérée	3,26	Sérieux	B	FS 1, FS 2	Risque faible - Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Intensité forte	0,112	Sérieux	C	FS 4, FS 6, FS 9, FS 10, FS 11	Risque faible - Acceptable
Projection de pale ou de fragments de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Intensité modérée	7,85	Sérieux	D	FS 1, FS 4, FS 6, FS 9, FS 10, FS 11	Risque très faible - Acceptable

Éolienne 3								
Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Nombre de personnes exposées	Gravité	Probabilité	Fonction de sécurité concernées	Niveau de risque - Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Intensité forte	0,75	Sérieux	D	FS 4, FS 5, FS 9, FS 10, FS 11	Risque très faible - Acceptable
Chute de Glace	Zone de survol	Rapide	Intensité modérée	0,0112	Modéré	A	FS 1, FS 2	Risque faible - Acceptable
Projection de glace	1,5*(H+ 2R) autour de l'éolienne	Rapide	Intensité modérée	3,26	Sérieux	B	FS 1, FS 2	Risque faible - Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Intensité forte	0,112	Sérieux	C	FS 4, FS 6, FS 9, FS 10, FS 11	Risque faible - Acceptable
Projection de pale ou de fragments de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Intensité modérée	7,85	Sérieux	D	FS 1, FS 4, FS 6, FS 9, FS 10, FS 11	Risque très faible - Acceptable