



Fichier n°5 Étude De Dangers (AU-9)

Projet éolien des Bruyères dit
« Les Hauts de Glénic » (Glénic, 23)

Décembre 2016,
complété en mars 2020

BORALEX



Sommaire

1	Préambule	1
1.1	Objectif de l'étude de dangers	1
1.2	Contexte législatif et réglementaire.....	1
1.3	Nomenclature des installations classées	3
2	Résumé non technique	4
2.1	Description succincte de l'installation et de son environnement	4
2.2	Présentation de la méthode d'analyse des risques	6
2.3	Hiérarchisation des scénarios d'accidents	8
2.4	Description des principales mesures d'amélioration.....	11
2.5	Cartographie de synthèse	12
	Conclusion	19
3	Informations générales concernant l'installation	20
3.1	Renseignements administratifs	20
3.2	Localisation du site	20
3.3	Définition de l'aire d'étude	22
4	Description de l'environnement de l'installation	24
4.1	Environnement humain.....	24
4.2	Environnement naturel	30
4.3	Environnement matériel.....	41
4.4	Cartographie de synthèse	46
5	Description de l'installation.....	53
5.1	Caractéristiques de l'installation	53
5.2	Fonctionnement de l'installation	60
5.3	Fonctionnement des réseaux de l'installation	81
6	Identification des potentiels de dangers de l'installation	87
6.1	Potentiel de dangers liés aux produits	87
6.2	Potentils de dangers liés au fonctionnement de l'installation	89
6.3	Réduction de potentiels de dangers à la source	90

7Analyse des retours d'expérience	92
7.1Inventaire des accidents et incidents en France	92
7.2Inventaire des accidents et incidents à l'international.....	95
7.3Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant	97
7.4Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	97
8Analyse préliminaire des risques (APR)	100
8.1Objectif de l'APR	100
8.2Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....	100
8.3Recensement des agressions externes potentielles.....	102
8.4Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	103
8.5Effets dominos.....	108
8.6Mise en place des mesures de sécurité	108
8.7Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	117
9Étude détaillée des risques	118
9.1Rappel des définitions	118
9.2Caractérisation des scénarios retenus	121
9.3Synthèse de l'étude détaillée des risques	136
10Conclusion	145
11Tables des illustrations.....	146
12Annexes.....	150
Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne.....	150
Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française	153
Annexe 3 – Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques	164
Annexe 4 – Probabilité d'atteinte et risque individuel	169
Annexe 5 – Glossaire	171
Annexe 6 – Bibliographie et références utilisées	175
Annexe 7 – Document explicatif de l'exploitation et de la maintenance	176

1 Préambule

1.1 OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE DANGERS

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

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du parc des **Bruyères**. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et à la complexité des installations et de leurs risques. **Cette étude se base sur le guide technique élaboré par la FEE, en partenariat avec l'INERIS et validée par la DGPR (parties rédigées en noir) et est complétée et adaptée par les rédacteurs de BORALEX (voir paragraphe 3.1.3) en couleur bleu clair. Les compléments apportés en mars 2020 sont quant à eux rédigés en marron.**

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien des **Bruyères**, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

Ainsi, cette étude permet une approche rationnelle et objective des risques encourus par les personnes ou l'environnement, en satisfaisant les principaux objectifs suivants :

- améliorer la réflexion sur la sécurité à l'intérieur de l'entreprise afin de réduire les risques et optimiser la politique de prévention ;
- favoriser le dialogue technique avec les autorités d'inspection pour la prise en compte des parades techniques et organisationnelles dans l'arrêté d'autorisation ;
- informer le public dans la meilleure transparence possible en lui fournissant des éléments d'appréciation clairs sur les risques.

1.2 CONTEXTE LÉGISLATIF ET RÉGLEMENTAIRE

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L.512-1, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L.511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accidents majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L.511-1.

En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes.

Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact sur l'environnement.

Ainsi, l'étude de dangers a pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarios sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels. Elle justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article R.512-9 du Code de l'environnement :

- description de l'environnement et du voisinage ;
- description des installations et de leur fonctionnement ;
- identification et caractérisation des potentiels de danger ;
- estimation des conséquences de la concrétisation des dangers ;
- réduction des potentiels de danger ;
- enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs) ;
- analyse préliminaire des risques ;
- étude détaillée de réduction des risques ;
- quantification et hiérarchisation des différents scénarios en terme de gravité, de probabilité et de cinétique de développement, en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection ;
- représentation cartographique ;
- résumé non technique de l'étude des dangers.

De même, la circulaire du 10 mai 2010¹ récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 précise le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

Enfin, l'étude de dangers s'intéresse aux risques générés par les aérogénérateurs lorsqu'ils sont en phase d'exploitation. Elle exclut donc la phase de construction.

¹ Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003.

1.3 NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSÉES

Conformément à l'article R.511-9 du Code de l'environnement, modifié par le décret n° 2011-984 du 23 août 2011, les parcs éoliens sont soumis à la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées :

Tableau 1- Rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées

A. – Nomenclature des installations classées			
N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C (1)	RAYON (2)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m.....	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée :		
	a) Supérieure ou égale à 20 MW.....	A	6
	b) Inférieure à 20 MW.....	D	
(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement. (2) Rayon d'affichage en kilomètres.			

Source : décret n° 2011-984 du 23/08/2011

Le parc éolien des **Bruyères** comprend **au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m**. Cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

2 Résumé non technique

2.1 DESCRIPTION SUCCINCTE DE L'INSTALLATION ET DE SON ENVIRONNEMENT

La présente étude de dangers réalisée par BORALEX porte sur le projet de parc éolien des Bruyères, composé d'une ligne de cinq aérogénérateurs et d'un poste de livraison, situé en Nouvelle-Aquitaine, dans le département de la Creuse, sur la commune de Glénic.

Cette installation située à environ sept kilomètres à vol d'oiseau au Nord-Est de Guéret relève de la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement, puisqu'elle comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m.

Le modèle exact d'aérogénérateur n'ayant pas encore été définitivement arrêté, BORALEX appuie cette étude sur un panel de six aérogénérateurs provenant de trois constructeurs différents. Ces six aérogénérateurs ont des caractéristiques dimensionnelles, fonctionnelles et techniques très similaires. Ils mesurent entre 150 et 180 m en bout de pale pour une hauteur de tour (nacelle comprise) comprise entre 94,2 et 127,7 m et une longueur de pale de 49 à 66,7 m pour une puissance unitaire de 2 MW à 3,45 MW. Toutes ces machines présentent un schéma de fonctionnement identique et des organes de sécurité similaires.

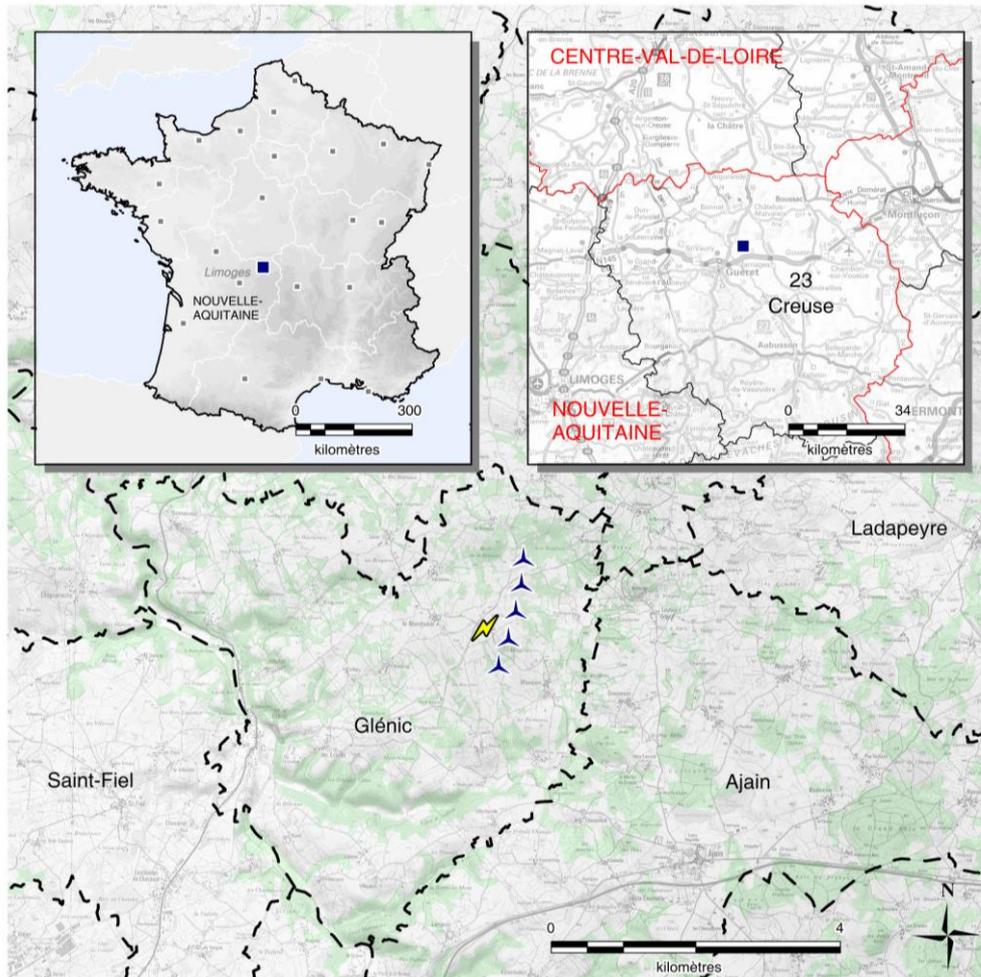
Le vent entraîne la rotation du rotor, lui-même composé de trois pales en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. En prolongement, l'arbre en rotation entraîne à son tour la génératrice qui convertit l'énergie mécanique en énergie électrique. L'électricité produite est ensuite élevée en tension pour permettre son acheminement. Les câbles descendent le long du mât et relient les éoliennes entre elles par un réseau enterré, jusqu'au poste de livraison où l'énergie est ensuite délivrée au gestionnaire de réseau. Les machines sont aussi reliées entre elles par un réseau de fibre optique permettant la télésurveillance et le contrôle des installations. Chaque aérogénérateur dispose en outre de deux systèmes de freinage permettant la mise en sécurité de l'aérogénérateur. Le premier est dit aérodynamique (les pales se mettent en drapeau pour que le vent ne fasse plus tourner le rotor) et le second est un frein mécanique sur l'arbre de transmission (à l'intérieur de la nacelle) agissant directement pour arrêter la rotation (comme les disques de frein permettent de freiner les roues de voiture).

Le présent projet éolien se situe sur le plateau d'Ajain, formé par de petites collines selon une orientation générale Sud-est/Nord-ouest et faisant face aux monts de Guéret séparé par la présence de la Creuse. Les altitudes culminent à 500 m. Le parc s'articule autour d'une ligne de cinq éoliennes : au Sud, le lieu-dit « Les Bregères », et au Nord « le Bois Roudeau ». On définit autour de ces implantations un périmètre de 500 m constituant les zones d'études ou encore aires d'étude de dangers. À l'intérieur de ces zones d'étude, on identifie les activités et enjeux à protéger.

L'environnement local connaît un niveau d'activité moyen ; la polyculture et l'élevage prédominent dans les zones d'études. Le massif d'Ajain et les monts de Jouillat présentent plusieurs attraits touristiques : son patrimoine bâti et son bocage. On notera toutefois la présence à l'intérieur de la zone d'étude de chemins de petite randonnée. Les zones urbanisables au titre des documents d'urbanisme et les habitations les plus proches se situent à plus de 500 m et aucun réseau (ferroviaire, navigable, de transport de combustibles) ni aucune voie de communication structurante (> 2000 véhicules/jour) ne traverse l'aire d'étude de dangers. L'environnement naturel du site ne présente pas un contexte climatique ou des risques naturels foncièrement hostiles à l'implantation du parc. En somme, l'environnement de l'installation ne comporte qu'un nombre très limité de cibles

potentielles sensibles, et le site ne se trouve pas dans un environnement comportant des risques d'agressions externes particuliers, qu'ils soient d'origine naturelle ou liés à l'activité humaine.

Cartes 1- Situation de l'installation



Projet :

- site éolien
- ▲ éolienne
- ⚡ poste de livraison

Limites administratives :

- - - commune

Occupation du sol :

- forêt

Sources : © IGN - BD ORTHO® ; BORALEX

2.2 PRÉSENTATION DE LA MÉTHODE D'ANALYSE DES RISQUES

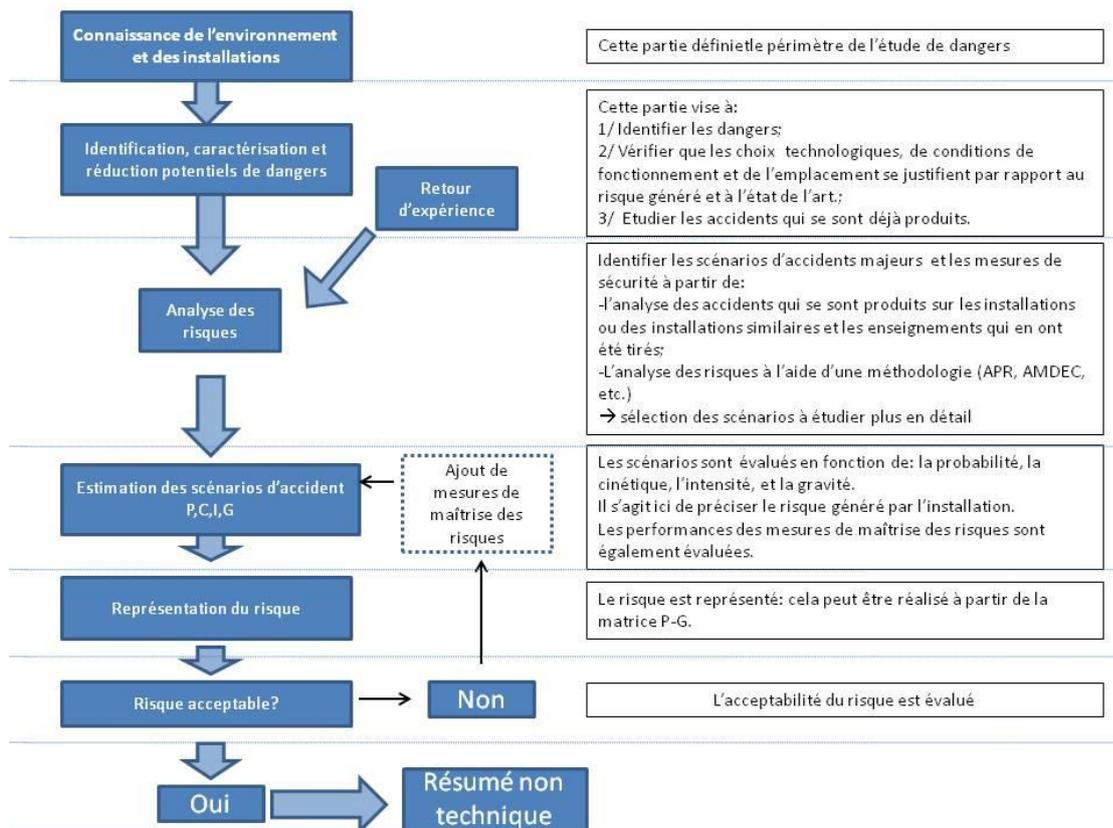
Les différentes étapes de la démarche d'analyse des risques mise en œuvre dans l'étude de dangers sont conformes à la réglementation en vigueur et aux recommandations de l'inspection des installations classées. Les paragraphes suivants et le schéma de la Figure 1 détaillent la succession d'étapes à suivre pour la réalisation de la présente étude de dangers.

- **Identification des enjeux pour permettre une bonne caractérisation des conséquences des accidents** : à partir des connaissances de l'environnement situé à moins de 500 m autour de chaque aérogénérateur (distance d'effet maximale retenue pour les phénomènes de projection), l'environnement est étudié afin d'identifier les lieux à protéger (maisons, établissement recevant du public, infrastructures, etc.). Le niveau d'enjeu de ces lieux à protéger est évalué au travers du calcul du nombre de personnes exposées. Pour un enjeu ou un lieu à protéger, plus le nombre calculé de personnes exposées est important, plus cet enjeu doit être considéré comme sérieux.
- **Connaissance des installations pour permettre une bonne compréhension des dangers potentiels qu'ils génèrent** : la description des installations permet de comprendre le rôle et le fonctionnement des principaux organes de l'installation.
- **Identification et caractérisation des potentiels de danger** : les composants ou groupes de composants de l'installation sont analysés afin de lister et qualifier les potentiels dangers qu'ils peuvent représenter. Cette étape s'appuie sur une identification des éléments techniques de l'installation et une recherche des dangers qu'ils peuvent présenter.
- **Réduction des potentiels dangers** : une fois qu'ils sont identifiés, l'exploitant doit réduire les potentiels dangers. Pour cela, il met en place des actions de prévention. La réduction des potentiels dangers se fait notamment par le choix d'une implantation et d'aérogénérateurs qui soient en adéquation avec le site et son environnement.
- **Connaissance des accidents qui se sont produits sur le même type d'installation pour en tirer des enseignements** : le retour d'expérience est dressé à partir des sources officielles, d'articles de presse locale et de bases de données mises en place par des associations. Le recensement des accidents et incidents survenus en France depuis 2000 fait ressortir les événements accidentels les plus fréquents ainsi que leurs causes. On cherche ensuite à déterminer la séquence **des événements ayant abouti à l'accident, cela afin d'éviter qu'ils puissent se reproduire.**
- **Analyse des risques inhérents aux installations étudiées en vue d'identifier les scénarios d'accidents possibles** : tous les scénarios d'accident potentiels pour l'installation ainsi que les mesures de sécurité permettant que de tels accidents ne se produisent pas sont identifiés et examinés dans l'analyse préliminaire des risques. Les scénarios pouvant avoir des effets significatifs sur la vie humaine sont retenus et étudiés rigoureusement dans l'analyse détaillée des risques.
- **Caractérisation et classement des différents phénomènes et accidents**: l'étape d'analyse détaillée des risques permet de mesurer les risques et le niveau d'efficacité des mesures de sécurité précédemment définies pour les maîtriser. Pour ce faire, des critères de probabilité (P), de cinétique (C), d'intensité (I) et de gravité (G) sont utilisés.

- La probabilité (P) correspond à la probabilité de départ, c'est-à-dire le nombre de fois par an que l'événement redouté se produit en France. Elle est calculée à partir du retour d'expérience et prend en compte la mise en place des mesures de sécurité.
 - La cinétique (C) permet de caractériser la vitesse de l'enchaînement des événements constituant la séquence accidentelle. Dans le cadre de l'étude de dangers pour les parcs éoliens, la cinétique est supposée rapide pour tous les accidents considérés.
 - L'intensité (I) permet de qualifier la magnitude des effets des phénomènes dangereux étudiés. Dans le cas présent, les outils habituels et les connaissances en matière de projections ne permettent pas d'utiliser les critères usuels. C'est pourquoi l'intensité est déduite directement du degré d'exposition, c'est-à-dire du rapport entre la surface effectivement atteinte par le phénomène d'accident et la surface initialement exposée.
 - La gravité (G) qualifie, compte tenu du nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène et de l'intensité (I) du phénomène dangereux étudié, l'ampleur des effets produits.
- **Acceptabilité du risque :** en fonction du niveau de gravité établi et de la probabilité d'occurrence de l'événement redouté, on détermine l'acceptabilité du risque. Si le risque est jugé inacceptable, des évolutions et mesures d'amélioration sont proposées par l'exploitant. Quand tous les risques sont jugés acceptables, un tableau de synthèse est dressé afin de hiérarchiser les scénarios selon leur niveau de gravité et leur probabilité d'occurrence.
 - **Représentation du risque :** la représentation précédente des scénarios détaillés est complétée par une carte permettant de représenter, pour chaque aérogénérateur et phénomène dangereux étudié, les niveaux d'intensité à l'intérieur de leur zone d'effet et le nombre de personnes permanentes exposées.

Le graphique ci-dessous synthétise ces différentes étapes et leurs objectifs :

Figure 1 - Schéma de la démarche de l'étude de dangers



Source: Guide technique INERIS

2.3 HIÉRARCHISATION DES SCÉNARIOS D'ACCIDENTS

L'analyse préliminaire des risques menée dans le cadre de cette étude de dangers fait ressortir cinq scénarios nécessitant une étude plus détaillée ; ces derniers pouvant avoir des effets significatifs sur la vie humaine :

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

Pour chacun de ces cinq scénarios, une caractérisation de l'intensité (I), de la probabilité (P), de la cinétique (C) et de la gravité (G) a été menée. Cette caractérisation a permis d'aboutir à la hiérarchisation de ces scénarios et à leur inscription dans la matrice de criticité présentée ci-dessous.

Dans cette matrice, un événement de forte probabilité s'inscrira dans la classe A, tandis qu'un accident de faible probabilité entrera dans la colonne E. De même, le niveau de gravité d'un accident est évalué graduellement de modéré à désastreux selon que le nombre de vies exposées est faible ou important. Un risque est jugé comme inacceptable lorsqu'il est à la fois trop probable et trop grave ; le pire étant qu'il soit très probable et très grave (coin supérieur droit de la matrice). À l'inverse, le risque est jugé acceptable lorsqu'il est peu probable et/ou peu grave ; le mieux étant qu'il soit très peu probable et peu grave (coin inférieur gauche).

Tableau 2 - Hiérarchisation des scénarios d'accident

Conséquences	Classe de probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Effondrement de l'éolienne (E01 à E05) Projection de pale ou de fragment de pale (E01 à E05)	Chute d'élément de l'éolienne (E01 à E05)	Projection de glace (E02 et E03)	
Modéré				Projection de glace (E01, E04 et E05)	Chute de glace (E01 à E05)

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

Tableau 3 - Légende du tableau de hiérarchisation des scénarios d'accident

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

Source : Guide technique INERIS

À la lecture de cette matrice, il ressort qu'aucun scénario étudié dans l'analyse détaillée des risques n'apparaît dans les cases rouges de la matrice, autrement dit que les niveaux de risques étudiés pour chacun des cinq scénarios sont très faibles à faibles et qu'à ce titre aucun n'est jugé comme inacceptable.

Les scénarios présentant un niveau de risque faible sont, la chute de glace, la projection de glace et la chute d'élément d'éolienne.

Le risque de chute d'élément d'éolienne est improbable, mais pour l'ensemble des cinq aérogénérateurs le niveau de gravité est sérieux. A niveau de gravité constant, sa probabilité est plus importante que celle du scénario de projection de pale ou de fragment de pale.

Le risque de projection de glace est jugé comme faible pour les aérogénérateurs E02 et E03 car leur zone d'effet comporte un nombre de personnes présentes non négligeable. Ceci du fait de la proximité à la route départementale D3 et à celle des chemins de randonnée passant à proximité immédiate des éoliennes.

Le risque de chute de glace est quant à lui jugé comme faible car pour ce scénario d'accident, ce n'est pas tant le niveau de gravité que le niveau de probabilité qui est important. En effet, bien que sa gravité soit qualifiée de modérée, sa probabilité est forte.

Pour les scénarios d'accident étudiés (y compris ceux qui n'ont pas fait l'objet d'une étude détaillée), des mesures de sécurité sont prises afin de prévenir et/ou de limiter les phénomènes dangereux et leurs conséquences. Ces mesures de sécurité ont en particulier permis, pour l'ensemble des scénarios étudiés dans l'analyse détaillée, de diminuer le niveau de risque jusqu'à le rendre acceptable.

2.4 DESCRIPTION DES PRINCIPALES MESURES D'AMÉLIORATION

Au total, ce sont quatorze séries de mesures de sécurité (détaillées au paragraphe 8.6) qui sont mises en place pour réduire les risques. Les mesures répondant en particulier aux scénarios faisant l'objet d'une étude détaillée sont les suivantes :

- pour prévenir de l'atteinte par la chute de glace des personnes :
 - le panneautage sur les chemins d'accès, à l'entrée de chaque plate-forme d'aérogénérateur et sur les chemins de randonnée passant à proximité des aérogénérateurs ;
 - l'éloignement des zones habitées et fréquentées, et la sensibilisation des agriculteurs, randonneurs et chasseurs aux risques potentiels de chute de glace ;
- pour prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et des défauts d'assemblage :
 - les contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblage, l'application stricte de procédures qualité et l'attestation du contrôle technique compris dans la procédure de construction ;
 - la prévention des erreurs de maintenance par la formation d'un personnel qualifié et le strict suivi du manuel de maintenance des installations ;
- pour réduire le risque de projection de glace :
 - une série de mesures de prévention empêchant la mise en mouvement de l'éolienne est employée lors de la formation de glace. Elle est basée sur un système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales. Si cela s'avère nécessaire, ce système peut être complété par la mise en place sur une nacelle d'une caméra permettant de surveiller à distance la formation de glace sur les pales ;
 - la mise à l'arrêt de l'aérogénérateur et l'emploi d'une procédure de redémarrage nécessitant une inspection visuelle ou la fin des conditions de gel;
- pour réduire la probabilité d'effondrement de l'éolienne, le respect des dispositions constructives et de maintenance sont prises :
 - le respect complet de la norme IEC 61 400-1 ;
 - le contrôle régulier des fondations et des pièces d'assemblage ;
 - le système de détection de survitesse avec un système redondant de freinage et un système de détection des vents forts pour la mise en sécurité des installations.

2.5 CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

L'étape d'identification des enjeux a consisté en l'étude de l'environnement et des lieux à protéger situés jusqu'à 500 m autour de l'installation (maisons, établissement recevant du public, infrastructures, etc.). Le niveau d'enjeu de ces lieux à protéger est évalué au travers du calcul du nombre de personnes exposées. Pour un enjeu ou un lieu à protéger, plus le nombre calculé de personnes exposées est important, plus cet enjeu doit être considéré comme sérieux.

Le tableau suivant fait la synthèse, pour chaque éolienne et pour chaque scénario d'accident étudié, du nombre de personnes exposées.

Selon le scénario d'accident étudié, la zone d'effet change. Une chute de glace ou d'élément de l'éolienne ne peut se produire qu'à l'aplomb de cette dernière c'est-à-dire dans un rayon de 68 m autour du pied de l'éolienne tandis qu'une projection de glace peut se produire jusqu'à des distances plus grandes (368,10 m).

De même, selon la nature des terrains considérés, la densité de personnes présentes par unité de surface ou de longueur change. Un chemin de randonnée sera plus densément peuplé qu'une simple forêt.

Ainsi, à partir de la méthode basée sur la circulaire du 10 mai 2010 [11] et décrite en annexe 2 du présent document, on détermine que :

- Les prairies, zones cultivées et forêts sont des terrains non bâtis, non aménagés et très peu fréquentés dont la densité à l'hectare est de 0,01 personne ;
- les routes non structurantes ou les chemins communaux sont des terrains non bâtis, aménagés mais peu fréquenté dont la densité à l'hectare est de 0,1 personne ;
- les chemins de randonnée représentés sur la carte 11 sont assimilables à des chemins de promenade de randonnée pour lesquels on compte deux personnes par kilomètre et par tranche de cent personnes sachant que leur fréquentation moyenne n'excède pas les cent promeneurs par jour.

Par ailleurs, bien que le poste de livraison du parc éolien soit une zone où des personnes peuvent travailler, comme elles sont internes à l'installation, il n'est pas pris en compte dans l'étude de dangers mais dans la notice hygiène et sécurité jointe au présent dossier de demande d'autorisation d'exploiter.

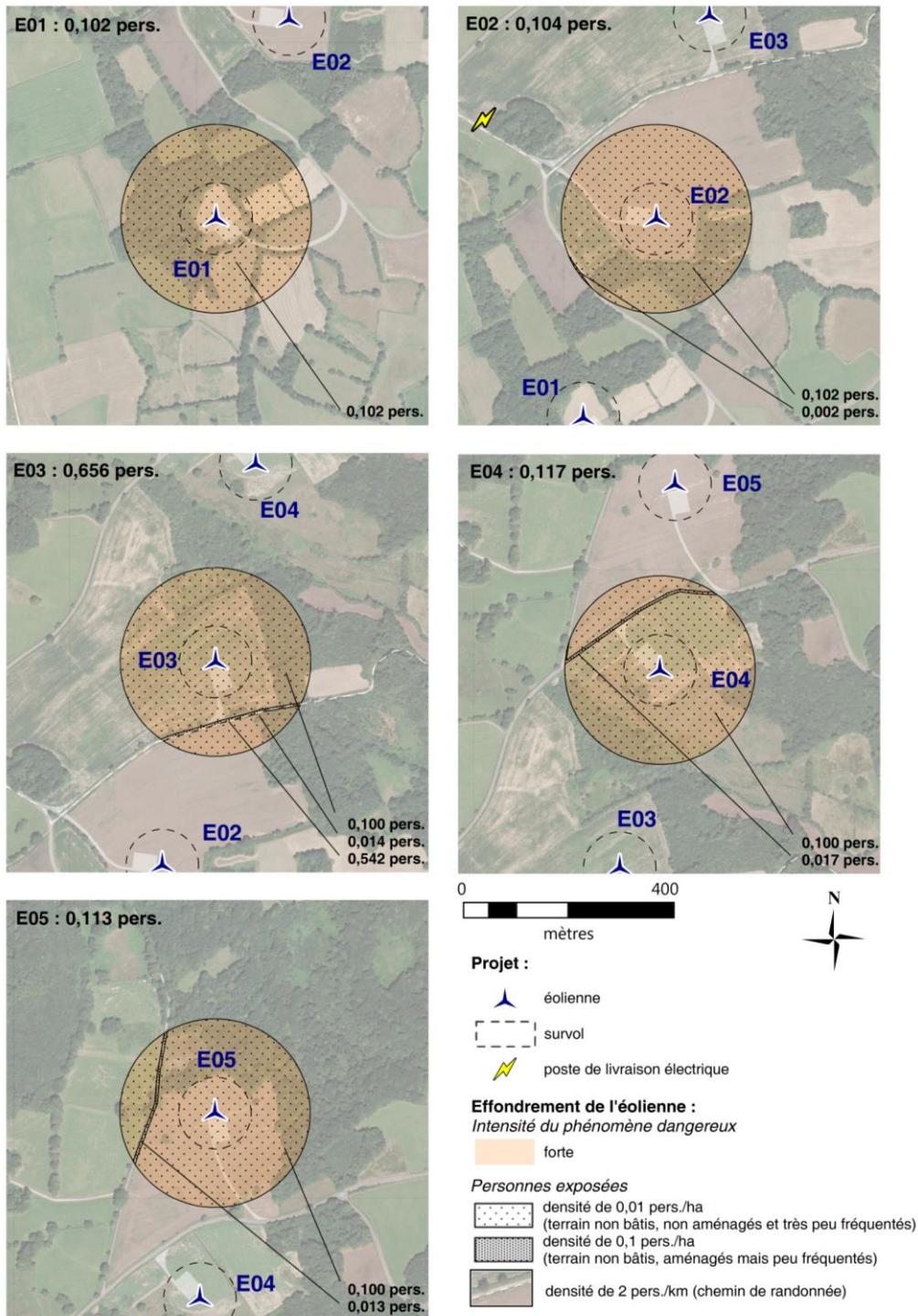
Tableau 4 - Nombre de personnes exposées par secteur homogène des zones d'étude

Éolienne	Secteur homogène considéré	Nombre de personnes exposées dans un rayon de 180 m (scénario d'effondrement d'éolienne)	Nombre de personnes exposées dans un rayon de 68 m (scenarios de chute de glace ou d'élément d'éolienne)	Nombre de personnes exposées dans un rayon de 500 m (scénario de projection de tout ou partie de pale)	Nombre de personnes exposées dans un rayon de 368,1 m (scénario de projection de glace)
E01	Prairies, forêts	0,102	0,015	0,79	0,42
	Routes non structurantes et chemin d'exploitation	-	-	0,07	0,03
	Chemins de randonnée	-	-	1,14	-
	Total :	0,102	0,015	2,00	0,45
E02	Prairies, forêts	0,102	0,015	0,78	0,42
	Routes non structurantes et chemin d'exploitation	0,002	-	0,11	0,06
	Chemins de randonnée	-	-	1,88	1,29
	Total :	0,104	0,015	2,77	1,77
E03	Prairies, forêts	0,100	0,015	0,78	0,42
	Routes non structurantes et chemin d'exploitation	0,014	-	0,11	0,06
	Chemins de randonnée	0,542	-	2,33	1,48
	Total :	0,656	0,015	3,22	1,96
E04	Prairies, forêts	0,100	0,015	0,78	0,42
	Routes non structurantes et chemin d'exploitation	0,017	-	0,14	0,08
	Chemins de randonnée	-	-	0,93	-
	Total :	0,117	0,015	1,85	0,50
E05	Prairies, forêts	0,100	0,015	0,78	0,42
	Routes non structurantes et chemin d'exploitation	0,013	-	0,11	0,08
	Chemins de randonnée	-	-	-	-
	Total :	0,113	0,015	0,89	0,50

Source : BORALEX

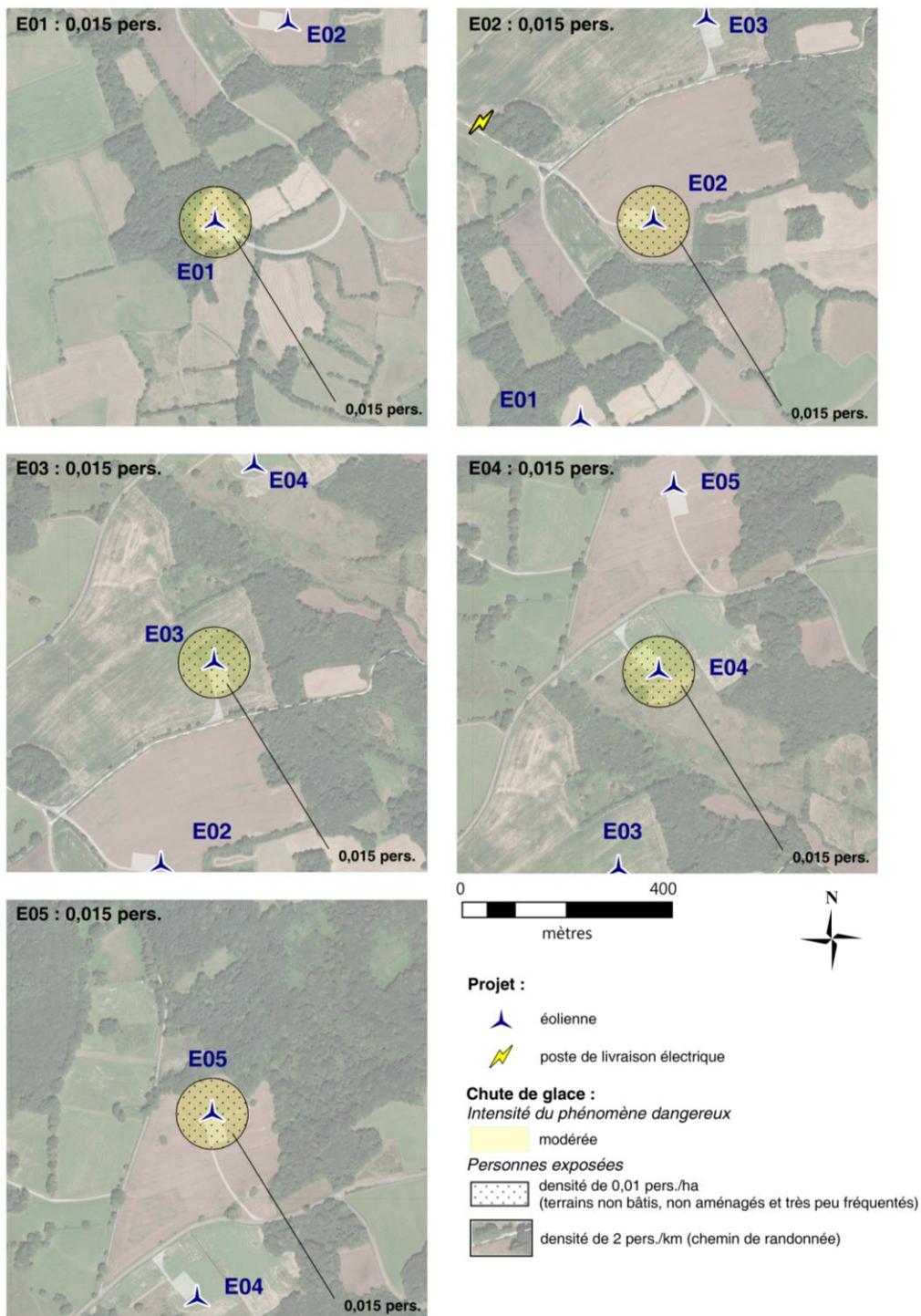
Les cartes suivantes permettent de faire la synthèse, une fois les mesures de réduction des risques mises en place, pour chaque aérogénérateur de l'installation et pour chaque scénario étudié dans la matrice de criticité, des cibles potentielles, du nombre de personnes permanentes exposées et de l'intensité des phénomènes étudiés.

Carte 2 - Synthèse du risque d'effondrement (rayon de 180 m autour de l'aérogénérateur)



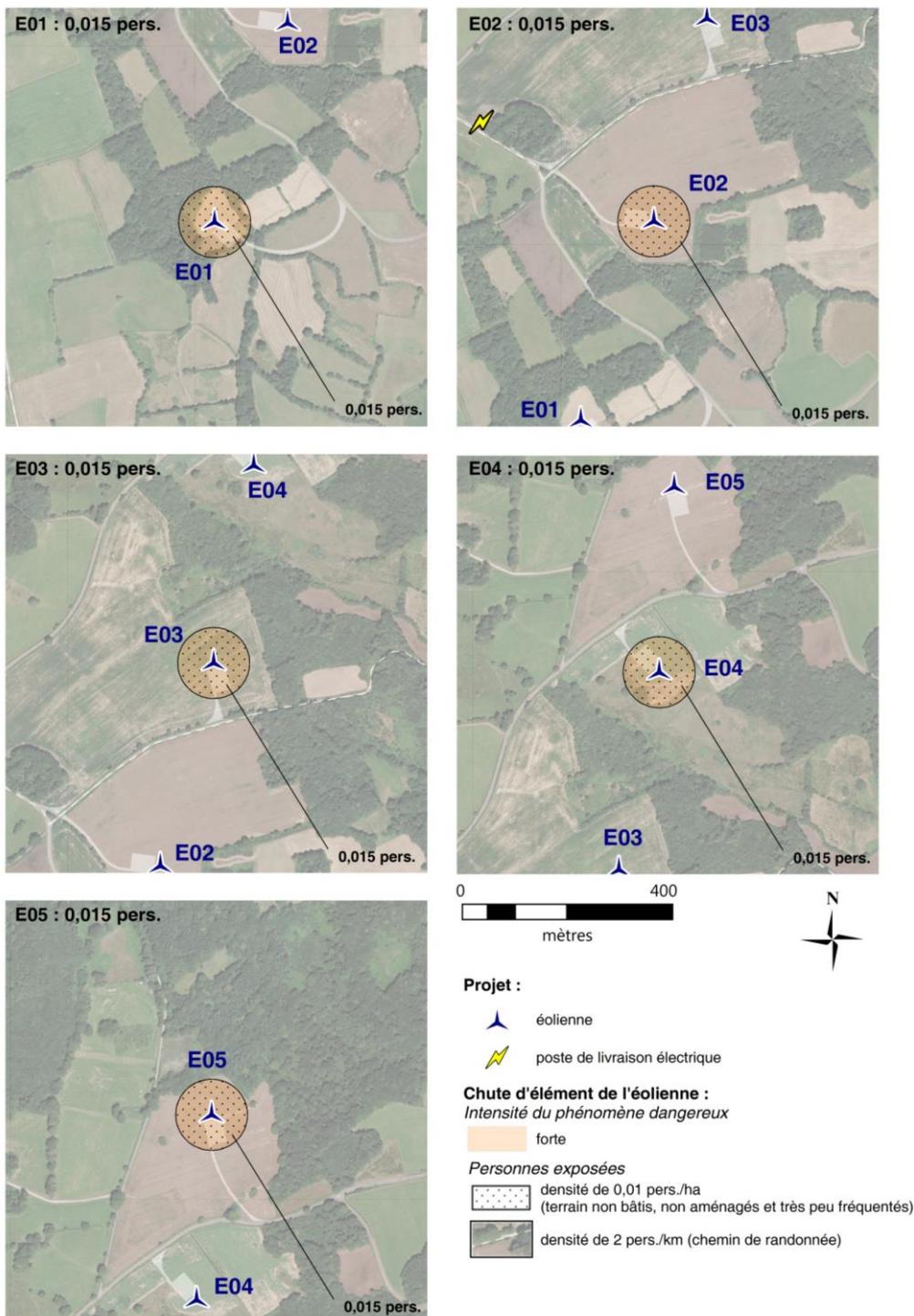
Sources : © IGN - BD ORTHO® ; BORALEX

Carte 3 - Synthèse du risque de chute de glace (rayon de 68 m autour de l'aérogénérateur)

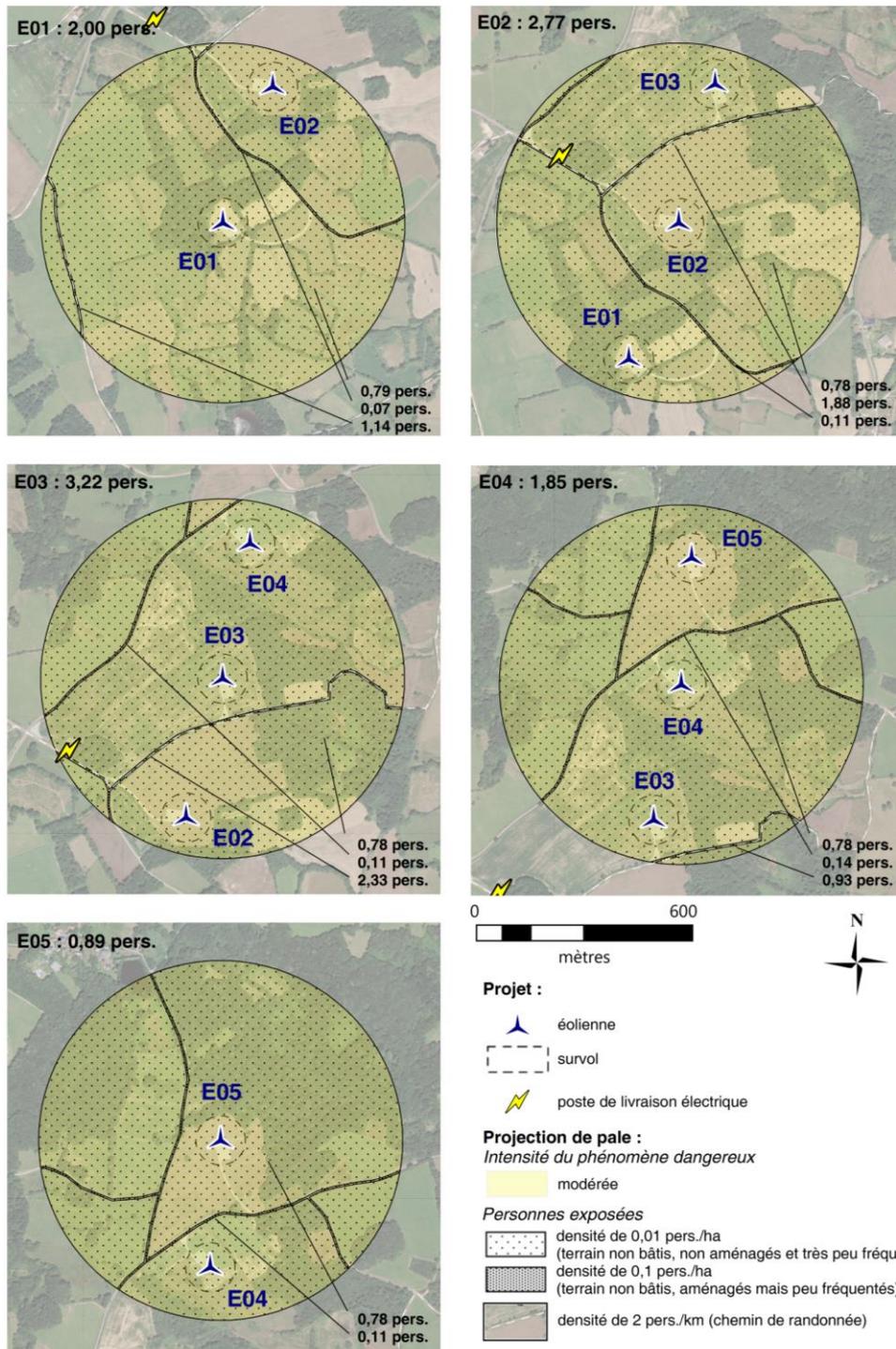


Sources : © IGN - BD ORTHO® ; BORALEX

Carte 4 - Synthèse du risque de chute d'élément de l'éolienne (rayon de 68 m autour de l'aérogénérateur)

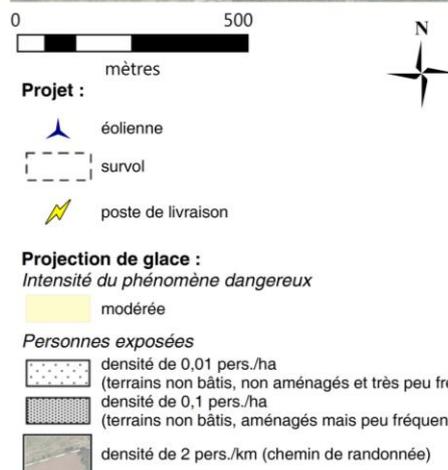
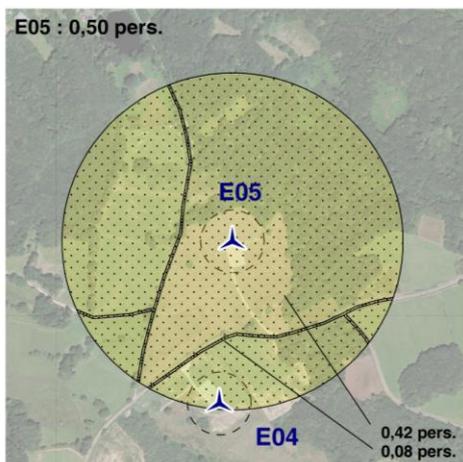
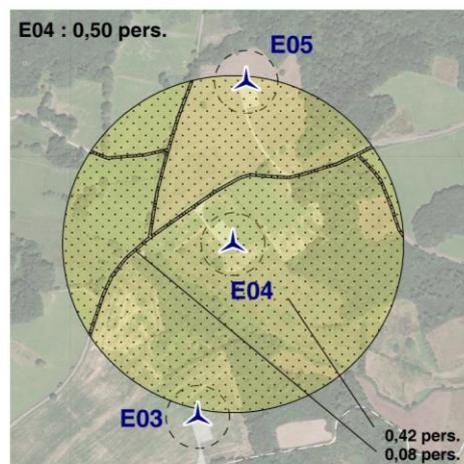
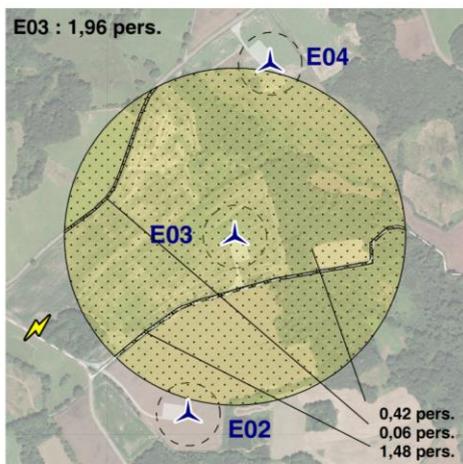
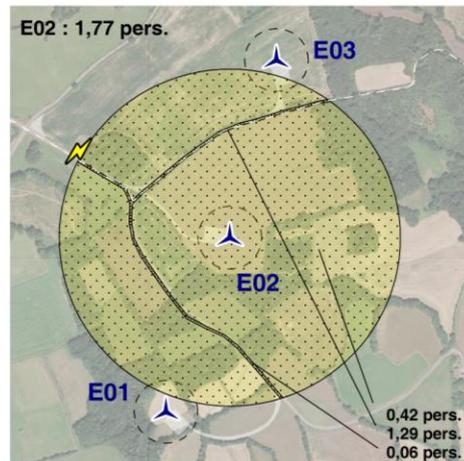
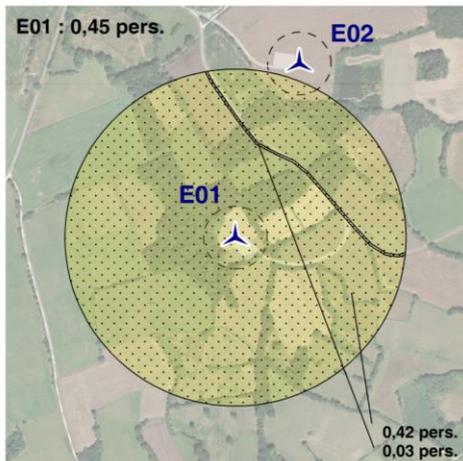


Carte 5 - Synthèse du risque de projection de pale ou fragment de pale (rayon de 500 m autour de l'aérogénérateur)



Sources : © IGN - BD ORTHO® ; BORALEX

Carte 6 - Synthèse du risque de projection de glace (rayon de 368,1 m autour de l'aérogénérateur)



Sources : © IGN - BD ORTHO® ; BORALEX

CONCLUSION

L'analyse de risque réalisée dans le cadre de cette étude de dangers a mis en évidence que, bien qu'étant particulièrement faibles, les principaux risques liés au projet éolien des Bruyères sont les risques de chute de glace, de projection de glace et de chute d'élément de l'éolienne.

Ces risques sont considérés comme acceptables au regard de leur probabilité d'occurrence et de leurs conséquences.

En effet, le risque de chute de glace présente une probabilité importante, puisque supérieure à 10^{-2} , mais son niveau de gravité est modéré dans la mesure où le nombre de personnes permanentes présentes dans la zone d'effet est particulièrement faible, en particulier en hiver.

Le risque de projection de glace est considéré comme moins probable que celui de chute de glace puisqu'inférieur à 10^{-2} . On peut noter aussi que les aérogénérateurs portant le niveau de gravité de plus élevé sont ceux dont les chemins de randonnée passent les plus près.

Quant au risque de chute d'élément d'éolienne, le cas majorant de chute de pale entière induit un degré d'exposition et par conséquent un niveau de gravité sérieux, mais sa probabilité est qualifiée d'improbable puisqu'inférieure à 10^{-3} .

Afin de prévenir ou de limiter les conséquences de ces accidents, des mesures de maîtrise des risques sont mises en place par BORALEX. En particulier, le panneautage sur les chemins d'accès à l'entrée des plateformes de chaque aérogénérateur, ainsi que sur les chemins de petite randonnée passant à proximité du parc, l'éloignement des zones habitées et fréquentées, ou encore le contrôle régulier des fondations et des pièces d'assemblage.

Conjointement aux mesures de maîtrise des risques purement techniques telles que le choix d'un éloignement de l'installation aux zones fréquentées ou encore l'application des contrôles techniques, des moyens de prévention comportementaux sont employés. La formation du personnel qualifié et l'information des différentes parties prenantes (agriculteurs, randonneurs, chasseurs...) permettent aussi de limiter à la source le risque d'occurrence et la gravité des accidents étudiés jusqu'à ce qu'à le rendre acceptable.

Finalement, l'analyse des risques du parc éolien des Bruyères menée dans la présente étude de dangers permet de conclure que l'ensemble des mesures prises par BORALEX dans le cadre de la conception et de l'exploitation de son installation suffisent à 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.

3 Informations générales concernant l'installation

3.1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

3.1.1.1 Porteur du projet

BORALEX LES BRUYERES SARL

Société à Responsabilité Limitée au capital de 5 000,00 euros

71, rue Jean Jaurès – 62575 BLENDÉCQUES

RCS Boulogne-Sur-Mer 848 856 795

3.1.1.2 Exploitant de l'installation projetée

BORALEX LES BRUYERES SARL

Société à Responsabilité Limitée au capital de 5 000,00 euros

71, rue Jean Jaurès – 62575 BLENDÉCQUES

RCS Boulogne-Sur-Mer 848 856 795

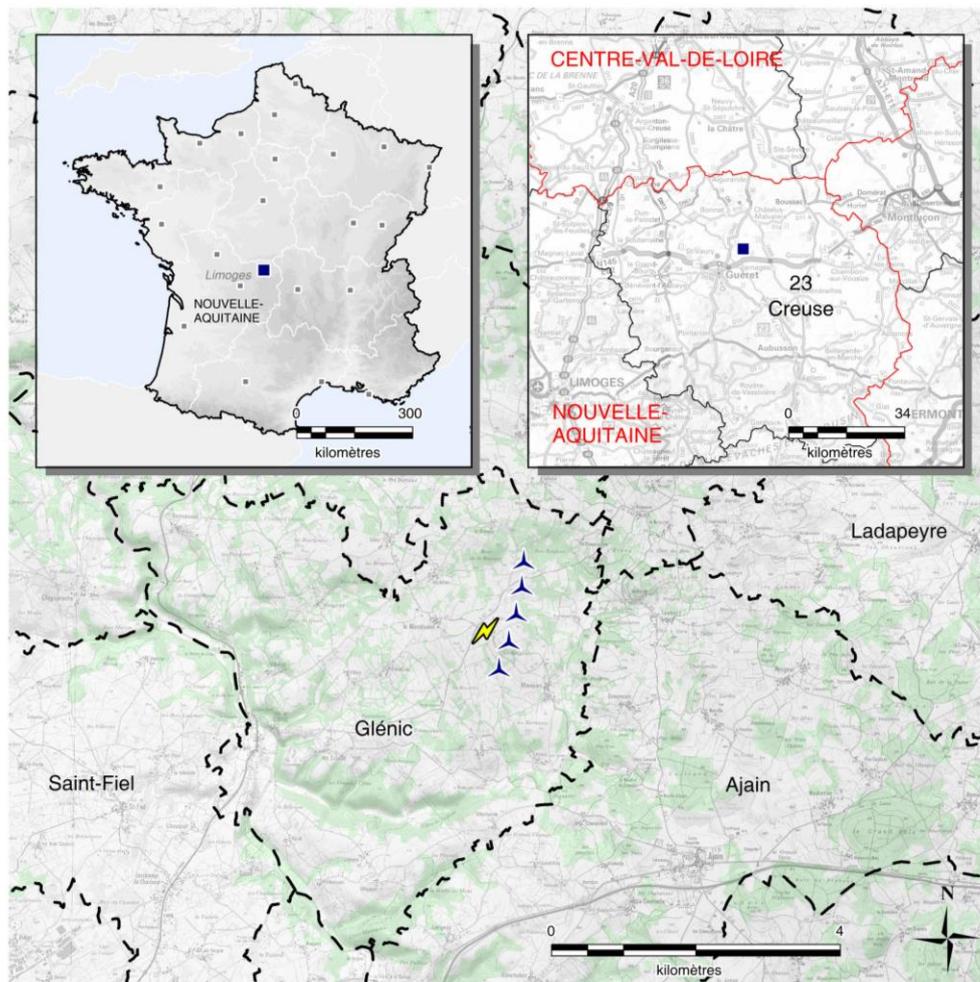
3.1.1.3 Auteurs de l'étude

- Maxime GARDETTE, géomaticien, BORALEX
- Mélanie MORICE, chargée d'études environnementales, BORALEX
- Thomas ROCHOUX, chef de projets énergies renouvelables, BORALEX
- Émilie DOUTE, responsable ICPE, BORALEX
- Giannino MARTIN, directeur exploitation, BORALEX

3.2 LOCALISATION DU SITE

Le parc éolien des Bruyères, composé de cinq aérogénérateurs, est localisé sur la commune de Glénic, dans le département de la Creuse (23), en région Nouvelle-Aquitaine.

Carte 7 - Localisation générale du site



Projet :

- site éolien
- ▲ éolienne
- ⚡ poste de livraison

Limites administratives :

- - - commune

Occupation du sol :

- forêt

Sources : © IGN - SCAN25® ; SCAN250® ; BD ALTI® ; GEOFLA® ; BORALEX

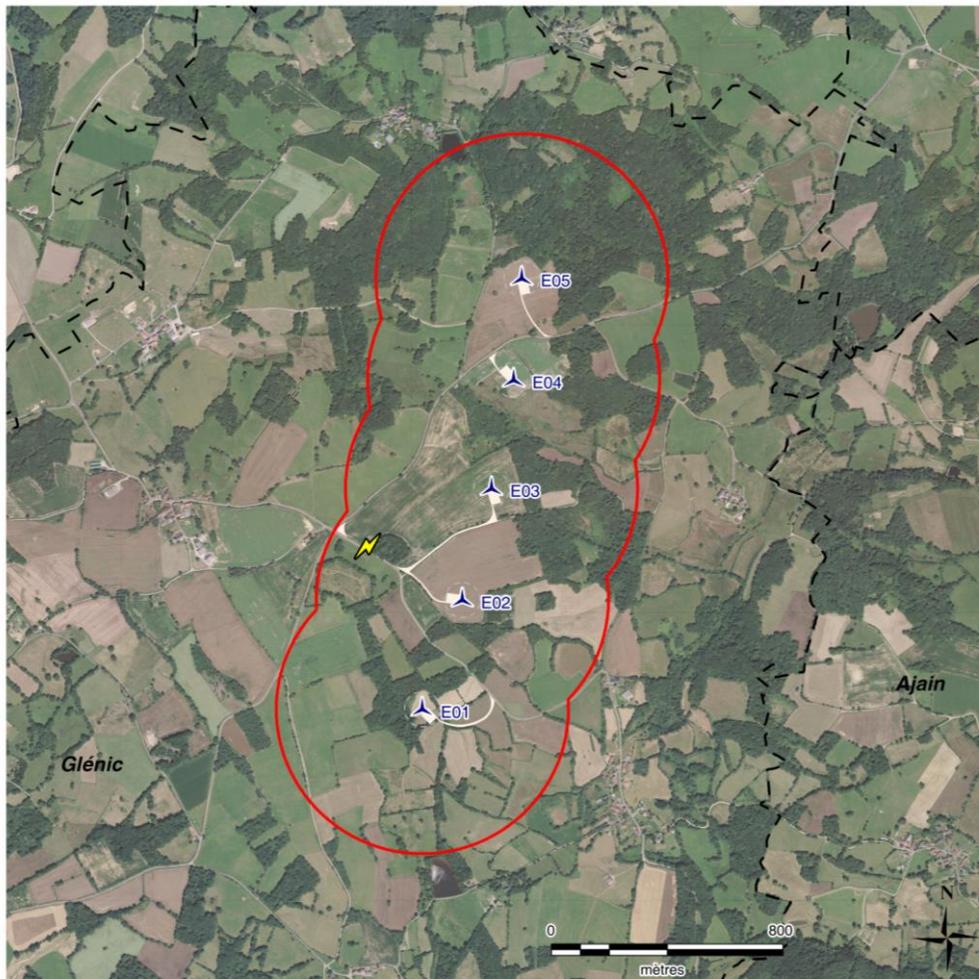
3.3 DÉFINITION DE L'AIRE D'ÉTUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 9.2.4.

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

Cartes 8 - Situation de l'installation



Étude de dangers :

 aire d'étude (500m autour des éoliennes)

Projet :

 éolienne

 poste de livraison électrique

 survol des pales

 accès

Limites administratives :

 commune

Sources : © IGN - BD ORTHO® ; BORALEX

4 Description de l'environnement de l'installation

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans la zone d'étude de l'installation, afin d'identifier les principaux intérêts à protéger (enjeux) et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels).

4.1 ENVIRONNEMENT HUMAIN

4.1.1 ZONES URBANISÉES

Le parc éolien des Bruyères est situé sur la commune de Glénic (636 habitants) selon le recensement INSEE de 2013.

Toutes les constructions à usage d'habitation et zones destinées à l'habitation telles que définies dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 se trouvent à plus de 500 m des aérogénérateurs.

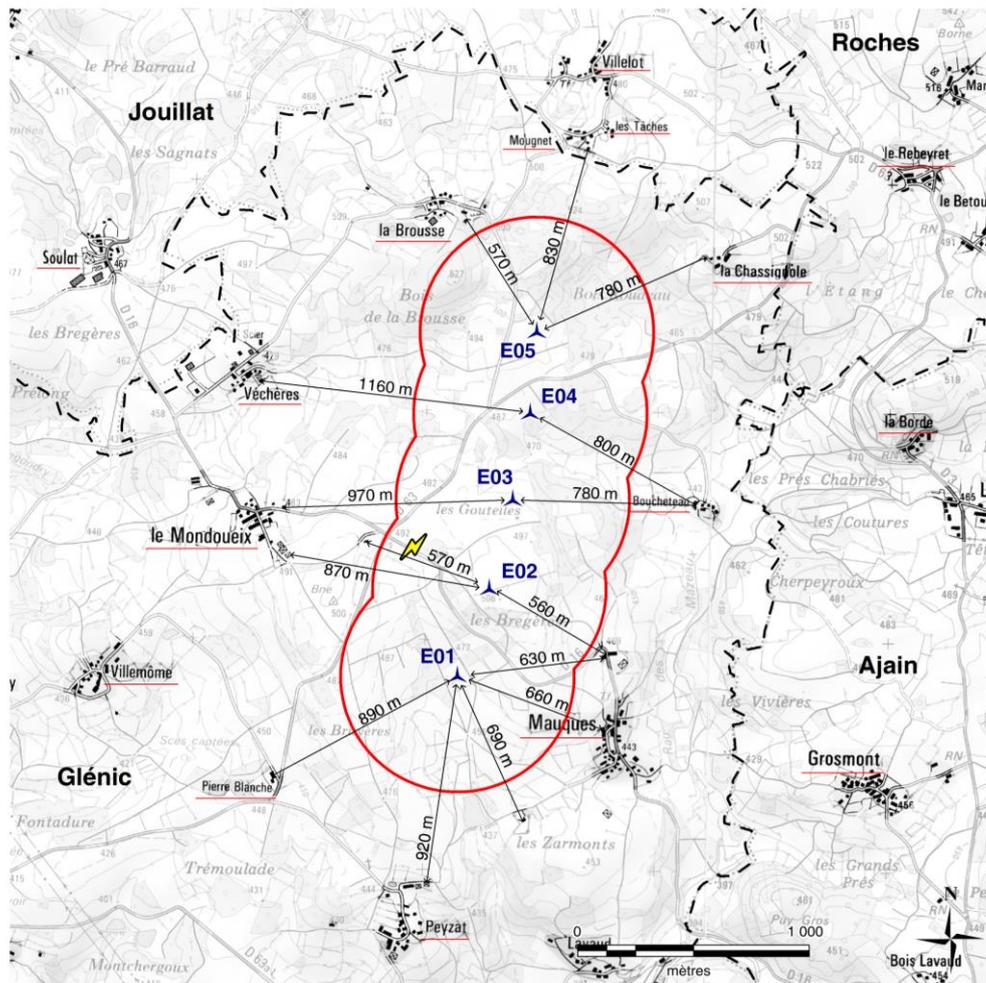
Les zones urbanisables les plus proches sont le plus souvent de petits hameaux ou des habitats isolés disséminés aux alentours des zones d'étude:

- À Glénic, les hameaux les plus proches sont « Mauques » et « la Brousse » situés respectivement à 560 m de l'éolienne E02 et 570 m de l'éolienne E05. À noter par ailleurs, la présence d'une maison isolée « La Tuilerie » située à l'Est du lieu-dit « le Mondoueix », proche du croisement entre la route départementale RD 63 et la route départementale RD16, à 570 m de l'éolienne E02 ;
- Enfin, sur la commune de Jouillat, le hameau de « Mougnet » se situe à 830 m de l'éolienne E05.

Chacun de ces hameaux regroupe d'une habitation à quelques dizaines d'habitations.

Les cartes suivantes illustrent les distances entre l'installation et les habitations les plus proches en se basant sur un fond IGN-SCAN 25 ®. Une étude et une cartographie de synthèse de l'environnement et des enjeux à protéger dans un rayon de 500 m autour des aérogénérateurs sont produites au paragraphe 4.4 du présent document. Leur lecture ainsi que celle des plans d'ensemble à l'échelle 1/1000^e fournis dans le dossier d'autorisation unique permettent de lever toute ambiguïté sur ce point.

Cartes 9 - Distances aux zones d'habitations les plus proches



Projet :

-  éolienne
-  poste de livraison électrique
-  aire d'étude de dangers

Zones urbanisées :

-  zone d'habitations

Limites administratives :

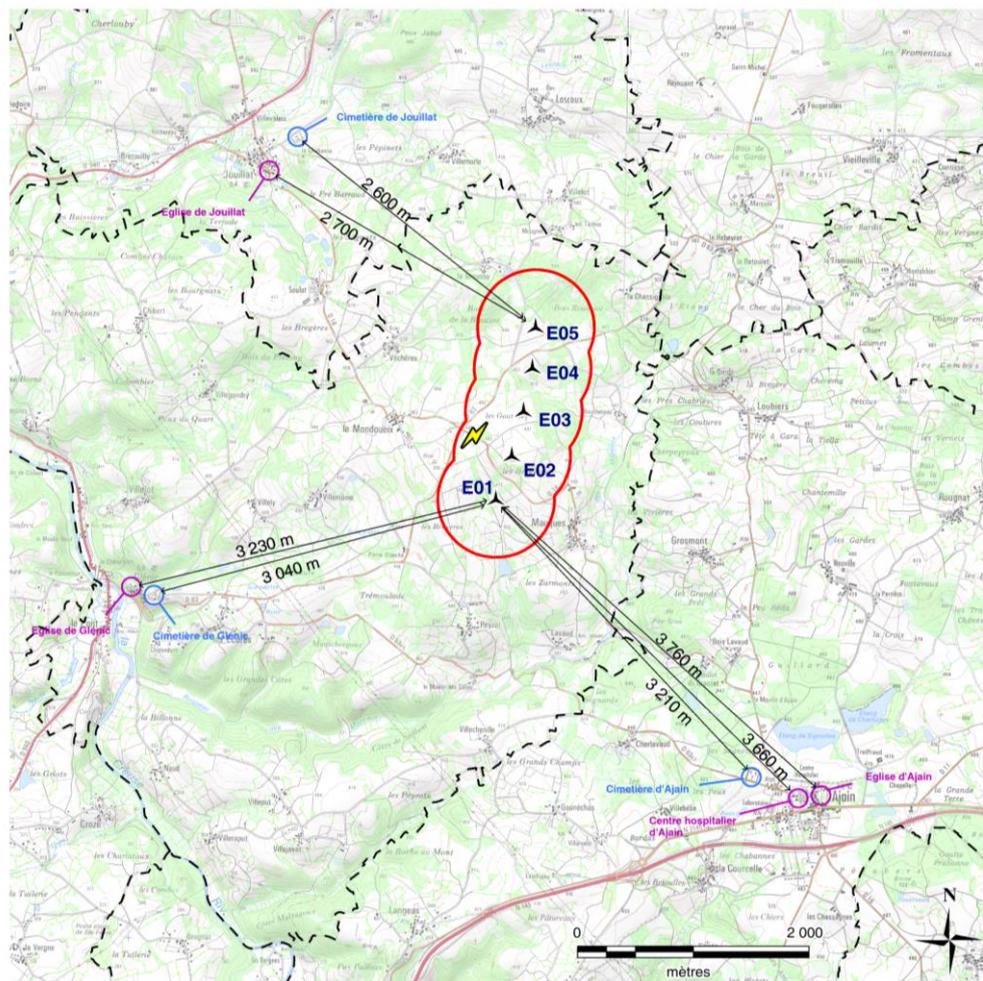
-  commune

Sources : © IGN - SCAN25® ; BDORTHO® ; BORALEX

4.1.2 ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC

On ne recense aucun Établissement Recevant du Public (ERP) dans la limite des zones d'étude. En dehors des zones d'étude, les ERP et IOP les plus proches sont le cimetière et l'église de Jouillat qui se situe respectivement à 2 600 m et 2 700 m de l'aérogénérateur E05, les églises de Glénic et d'AJain (type V : établissement de divers cultes) et les cimetières de Glénic et d'AJain. Ces derniers sont tous situés à plus de 3 km de l'aérogénérateur E05. De plus, le centre hospitalier d'AJain se situe à plus de 3 km de l'éolienne E05.

Cartes 10 – Établissements recevant du public



Projet :

-  éolienne
-  poste de livraison
-  aire d'étude de dangers

Limites administratives :

--- commune

Occupation du sol :

 forêt

Lieux ouverts au public :

-  ERP (établissement recevant du public)
-  IOP (installation ouverte au public)

Sources : © IGN - SCAN25® ; BORALEX

4.1.3 INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE

On ne recense pas d'Installation Nucléaire de Base (INB) dans les limites de la zone d'étude, ni même dans les limites du département de la Creuse. On ne recense pas non plus d'ICPE dans les limites de la zone d'étude.

L'ICPE Seuil Bas la plus proche se situe sur la commune de Guéret, il s'agit de la société Picoty (SEVESO II), spécialisée dans la distribution de carburant et qui se situe en zone urbaine (en périphérie de l'agglomération de Guéret). Elle est située à plus de 7 km de la zone d'étude de l'installation. Pour cet établissement, plusieurs arrêtés préfectoraux sont en vigueur. Aucun accident technologique n'y a été relevé.

4.1.4 AUTRES ACTIVITÉS

L'agriculture constitue la principale activité des communes concernées par le projet éolien. Celles-ci sont vouées à une agriculture orientée vers la polyculture et l'élevage bovin extensif.

Dans le territoire du projet, la forêt et les prairies se partagent le territoire mais la forêt sur le site éolien ne semble pas faire l'objet d'une exploitation intensive du fait de la taille de massifs de taille très limités ou de la présence de bosquets.

Le tableau suivant recense le nombre d'exploitations agricoles sur la commune concernée par les zones d'étude de danger du parc éolien (Source INSEE 2010).

Commune	Nombre d'exploitations agricoles
Glénic	23

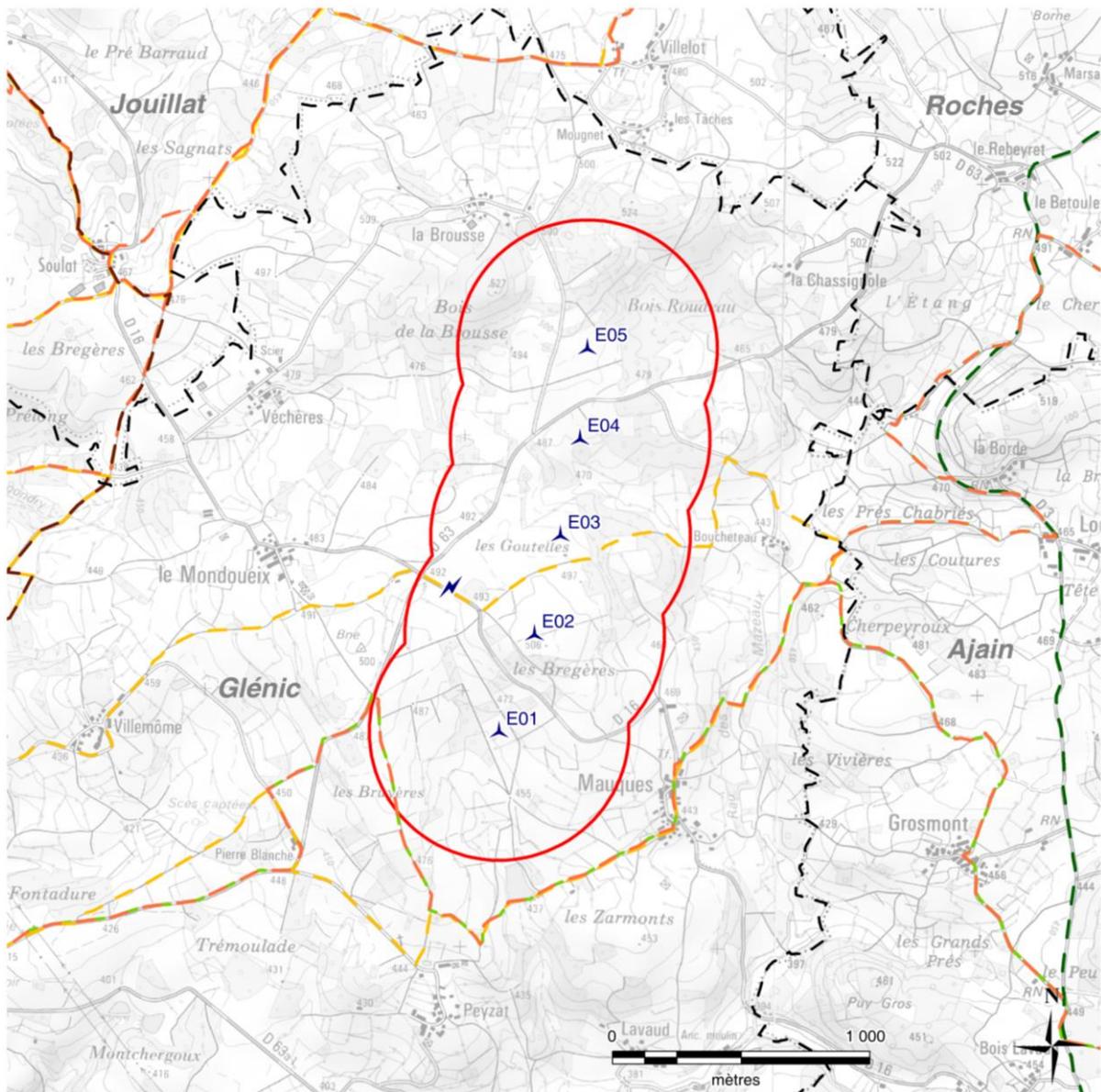
La Creuse est un territoire où le tourisme est mis en avant pour son patrimoine, ses richesses naturelles (étang, lac, paysage, forêt, monts...) et les nombreuses activités sportives de plein air. Il est important de noter qu'il n'y a pas de chemin de grande randonnée (GR) sur le territoire d'étude, mais un maillage de chemins de petite randonnée (PR).

La chasse est pratiquée dans le massif d'Ajain. Plusieurs ACCA (Association Communale de Chasse Agréée) sont présentes sur le territoire. Le chevreuil et le sanglier y sont notamment chassés pendant les périodes d'ouverture de la chasse (variables selon les années).

Les autres types d'activités, qu'elles soient de service ou artisanales, sont assez peu représentées sur la commune du site d'étude. Elles sont en fait regroupées dans les zones d'activité des communes de Guéret et Sainte-Feyre.

Une autre activité pratiquée aux abords et à l'intérieur des zones d'étude est celle de la randonnée. La carte 11 illustre le maillage des chemins randonnée sur le territoire du projet d'implantation des éoliennes. On remarque, outre la forte densité de ce maillage, qu'un des chemins de randonnée traverse l'aire d'étude entre les éoliennes E02 (à une distance de 200 m environ) et E03 (à une distance de 110 m environ), et passe à proximité du poste de livraison électrique. Des panneaux d'information et une aire aménagée sont envisagés au niveau du poste de livraison à l'encontre du public, dans le but d'apporter un attrait touristique sur le site du parc éolien.

Cartes 11 – Autres activités et itinéraire de randonnée



Projet :

-  éolienne
-  poste de livraison électrique
-  aire d'étude de dangers

Limites administratives :

-  commune

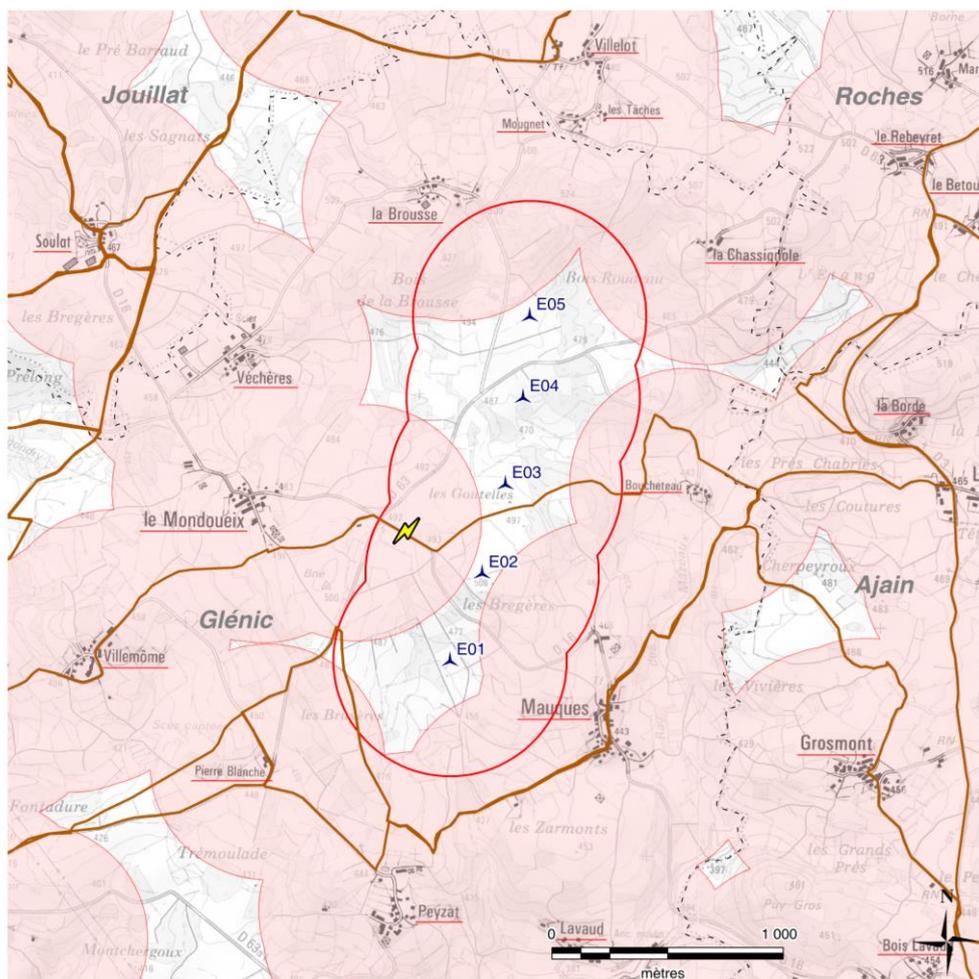
Autres activités :

-  itinéraire de pays
-  itinéraire de randonnée
-  chemin de randonnée
-  petite randonnée
-  circuit vélo
-  itinéraire VTT

Sources : © IGN - SCAN25® ; CG23 ; BORALEX

4.1.5 CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

Cartes 12 - Synthèse de l'environnement humain



Projet :

-  éolienne
-  poste de livraison électrique
-  aire d'étude de dangers

Environnement humain :

-  **Véchères** zone d'habitations
-  protection des habitations (500 m)
-  sentier de randonnée

Limites administratives :

-  commune

Sources : © IGN - SCAN25® ; CG23 ; BORALEX

4.2 ENVIRONNEMENT NATUREL

4.2.1 CONTEXTE CLIMATIQUE

La Creuse est soumise à un climat océanique altéré par l'altitude, où les effets de relief sont marqués et ont des conséquences sur le climat. Celui-ci se caractérise par de nombreuses précipitations, périodes de brouillard et de gel ainsi que des températures peu élevées. Les températures sont douces lors des périodes automnales.

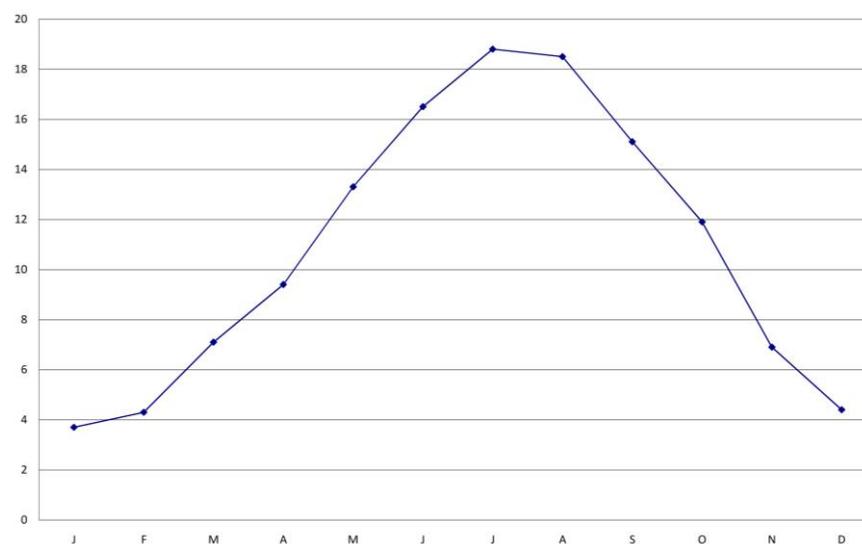
4.2.1.1 Températures

Les températures moyennes mensuelles varient de 3,7 °C en janvier (mois le plus froid), à 18,8 °C en juillet (mois le plus chaud). La moyenne annuelle est de 10,8 °C.

La relative douceur hivernale montre l'influence prépondérante du climat océanique dans l'aire d'étude. Le gel présente un caractère de faible intensité : il peut geler assez souvent (65 jours par an) mais les grands froids sont de très courte durée (2 jours par an où la température minimale est inférieure à -10 °C).

L'amplitude saisonnière qui est ici de 15,1 °C (écart entre la moyenne du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid) montre une légère influence continentale. Cette influence se manifeste en été, avec des températures moyennes proches de 18,8 °C en juillet.

Figure 2 – Températures moyennes mensuelles



Sources : BORALEX ; Météo France, station de Guéret-Bongéot

4.2.1.2 Précipitations

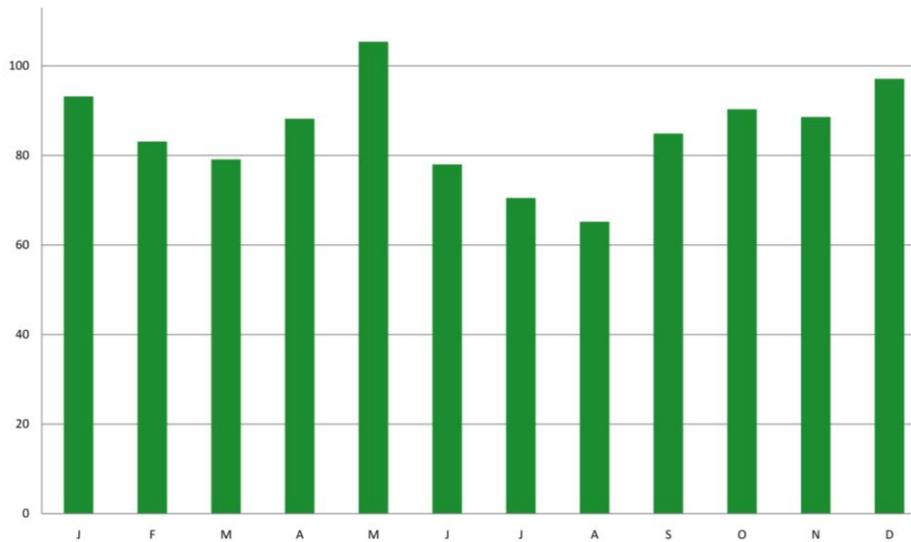
Sur la période de référence considérée (1981-2010), la hauteur moyenne des précipitations, qui sont en grande partie d'origine atlantique, représente un total annuel de 1 023 mm d'eau réparti sur environ 133 jours.

Ces précipitations présentent des variations dans leur répartition selon les saisons. Le mois de mai est le mois le plus pluvieux avec 105 mm de précipitations. On note une période moins pluvieuse en début d'été avec moins de 80 mm en moyenne mensuelle.

On dénombre, sur l'année, une moyenne mensuelle de près de 3 jours de pluies importantes (hauteur d'eau supérieure à 10 mm en vingt-quatre heures). Ces pluies se répartissent à peu près sur les douze mois de l'année.

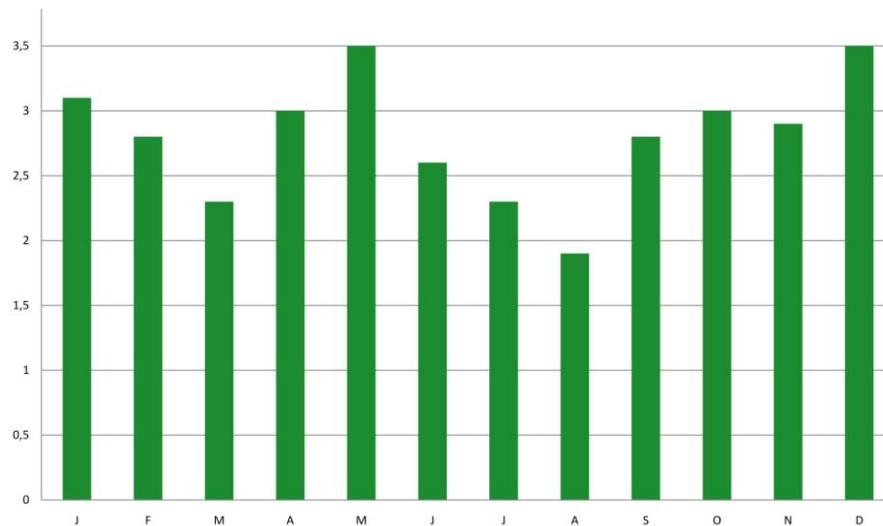
Le phénomène neigeux est marginal dans la région : on enregistre en moyenne 21,4 jours dans l'année au cours desquels les précipitations prennent une forme neigeuse.

Figure 3 – Histogramme des précipitations en mm



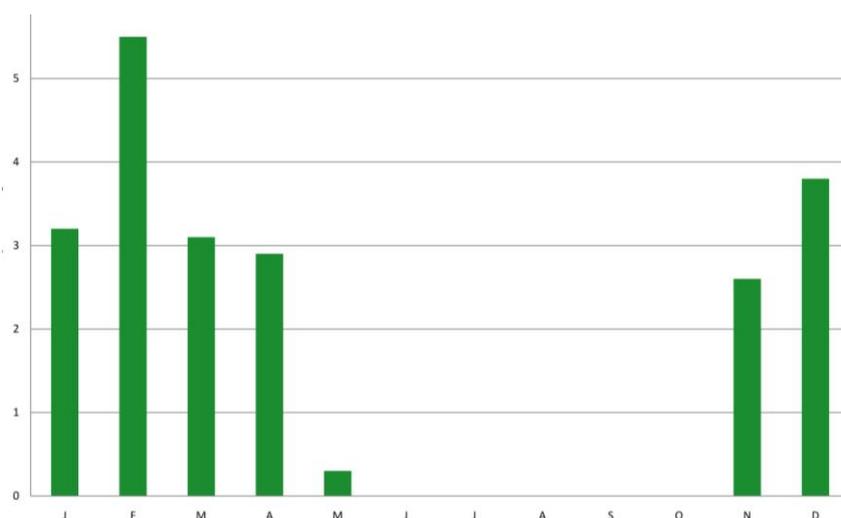
Sources : BORALEX ; Météo France, station de Guéret-Bongéot

Figure 4 – Nombre de jours par mois où les pluies ont été supérieures à 10 mm



Sources : BORALEX ; Météo France, station de Guéret-Bongéot

Figure 5 – Nombre de jours de neige mensuel

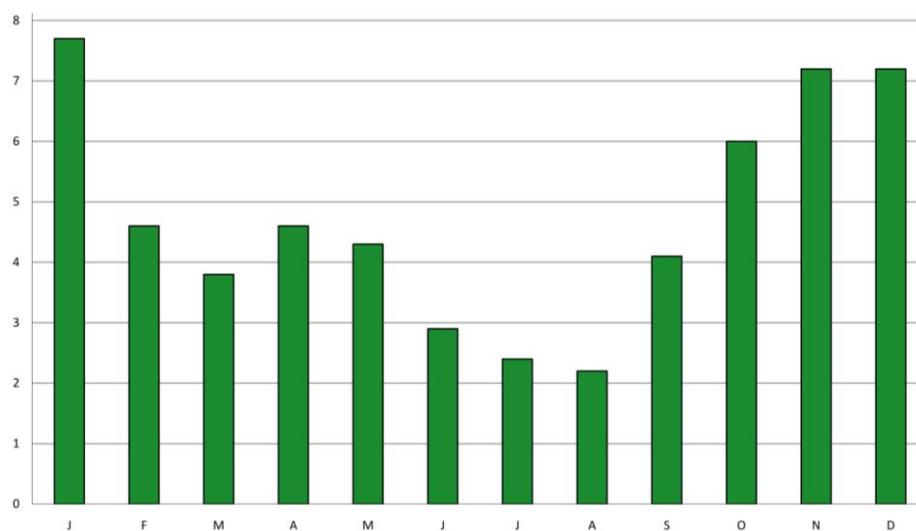


Sources : BORALEX ; Météo France, station de Guéret-Bongéot

4.2.1.3 Brouillard

Les brouillards se produisent avec une fréquence moyenne sur l'année (56 jours de brouillard par an). La fréquence maximale est enregistrée en automne ; les mois d'octobre, novembre, décembre et janvier totalisent près de 28 jours de brouillard.

Figure 6 – Nombre de jours de brouillard mensuel



Sources : BORALEX ; Météo France, station de Guéret-Bongéot

4.2.1.4 Vent

Les données relatives au gisement éolien sur site proviennent principalement :

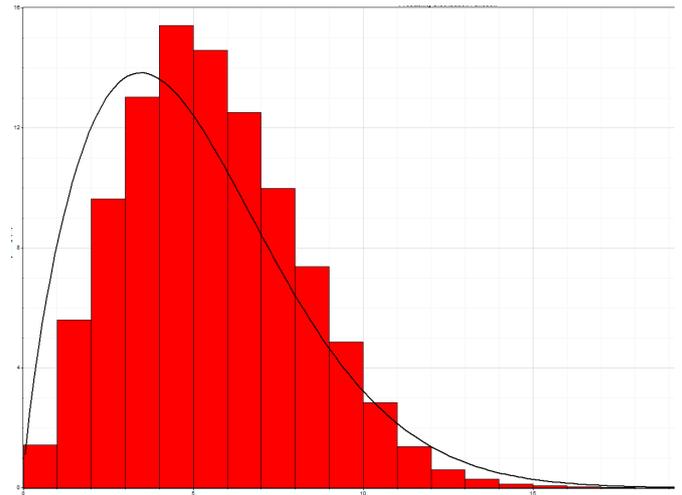
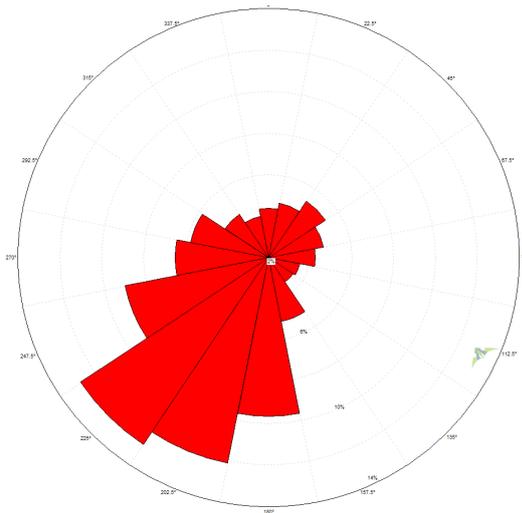
- des mesures enregistrées depuis juillet 2014 par les instruments placés sur un mât de 86 m, situé sur la commune de Glénic entre les lieux-dits « Véchères », « Les Sagnats », « Soulat » et « La Brousse », à proximité immédiate du projet éolien. L'environnement du mât est représentatif de l'environnement des zones potentielles, puisqu'il se situe au sein d'une alvéole ouverte au milieu d'espace bocagers ;

- des stations météo de Bourgneuf et Montluçon aérodrome sélectionnées pour la qualité et la cohérence de leurs mesures au cours du temps sur les 15 dernières années.

La rose des vents obtenue montre une orientation plutôt bien marquée. Les vents proviennent majoritairement des secteurs sud-ouest. Ces secteurs les plus fréquents sont également les plus intenses, donc les plus énergétiques.

Après plus de 24 mois de mesure, les résultats enregistrés indiquent un potentiel éolien satisfaisant.

Figure 7 – Rose des vents et courbe de Weibull

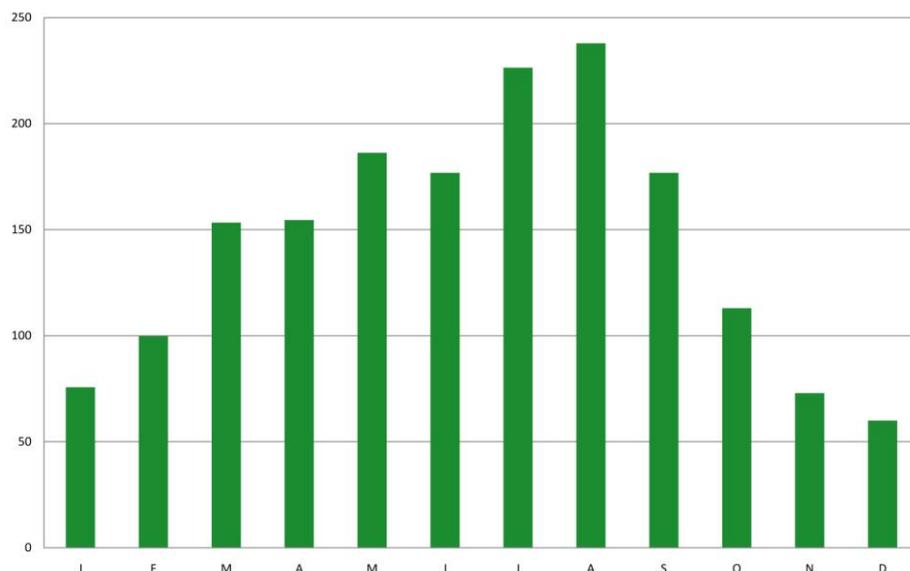


Source : BORALEX

4.2.1.5 Insolation

Dans la région étudiée, on dénombre en moyenne dans l'année 1 733 heures d'insolation réparties sur près de 275 jours, la moyenne nationale étant de 2 100 heures d'insolation par an.

Figure 8 – Nombre d'heures d'insolation



Sources : BORALEX ; Météo France, station de Guéret-Grancher

4.2.2 RISQUES NATURELS

Les paragraphes ci-dessous listent les différents risques naturels identifiés dans la zone d'étude. Ces risques naturels étant susceptibles de constituer des agresseurs potentiels pour les éoliennes, ils seront pris en compte dans l'analyse préliminaire des risques du paragraphe 8.

4.2.2.1 Sismicité

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique découpant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante, en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes :

- zone 1 : sismicité très faible ;
- zone 2 : sismicité faible ;
- zone 3 : sismicité modérée ;
- zone 4 : sismicité moyenne ;
- zone 5 : sismicité forte.

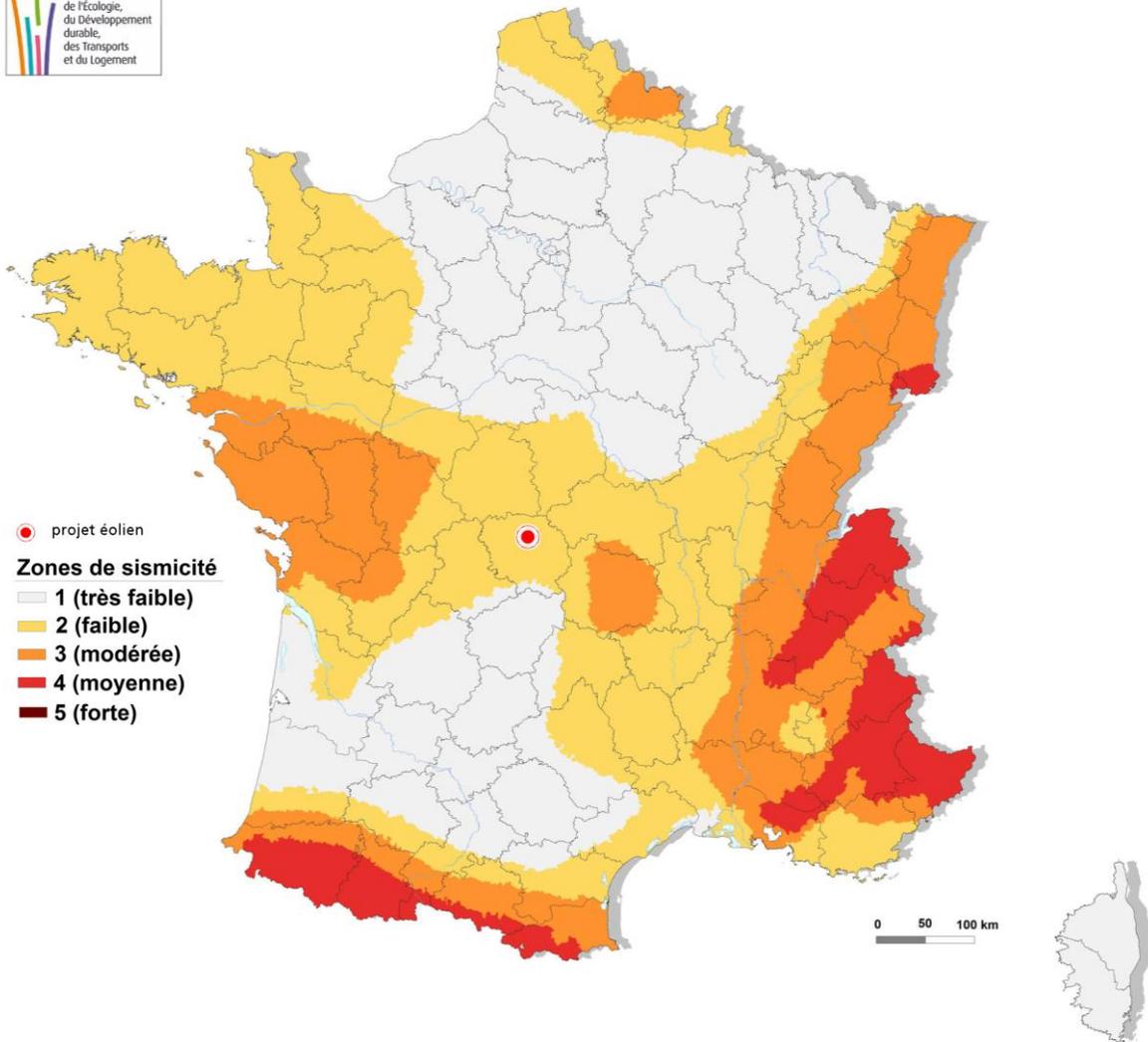
Ce nouveau zonage sismique, en vigueur depuis le 1^{er} mai 2011, est défini par le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010.

Le projet se trouve dans la zone de sismicité 2, autrement dit dans la zone de sismicité faible.

Carte 13 - Zonage sismique de la France



Nouveau zonage sismique de la France



Sources : MEDDTL; BORALEX

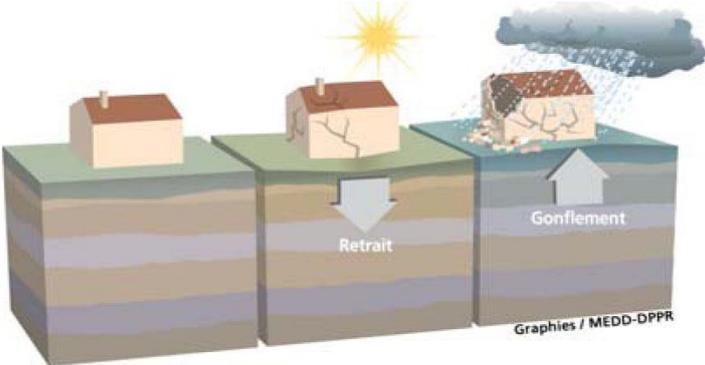
4.2.2.2 Mouvements de terrain et retrait-gonflement d'argiles

À l'intérieur de la zone d'étude, les formations superficielles argileuses ne semblent présentes que de manière ponctuelle. Les risques de glissement sur pente semblent donc peu significatifs. Aucun mouvement de terrain de type glissement n'est d'ailleurs recensé dans la zone d'étude.

D'après la cartographie établie par le BRGM de l'aléa retrait-gonflement des argiles (Carte 14), la zone d'étude est classée en aléa nul à localement faible.

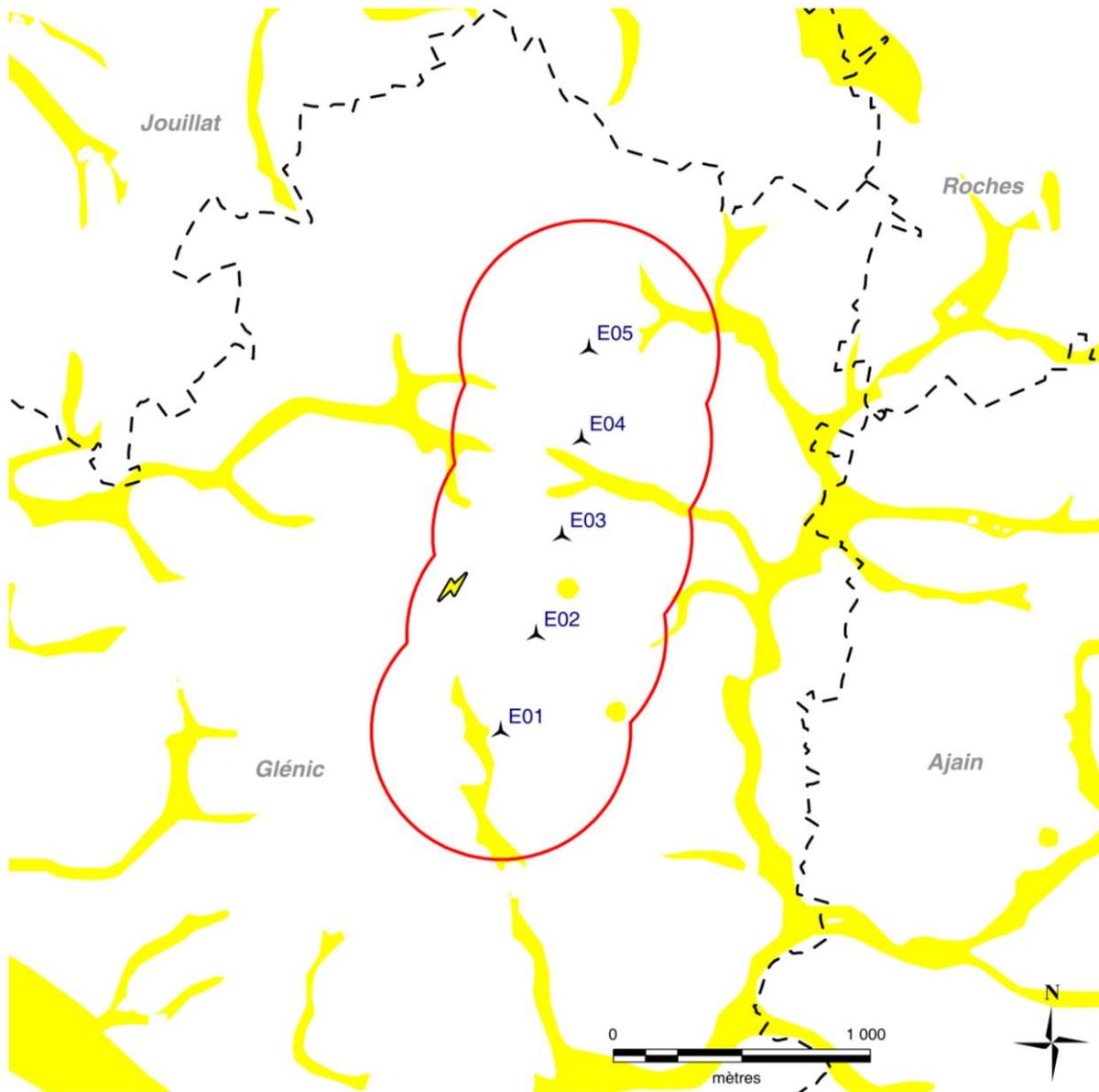
Parmi les sources disponibles consultées, aucun document ne mentionne des risques d'instabilité dans le site du projet.

Figure 9 - Retrait-gonflement des argiles consécutif à la sécheresse



Sources : MEDD-DPPR

Carte 14 - Risques de retrait-gonflement des argiles



Projet :

- ▲ éolienne
- ⚡ poste de livraison

▭ aire d'étude de dangers

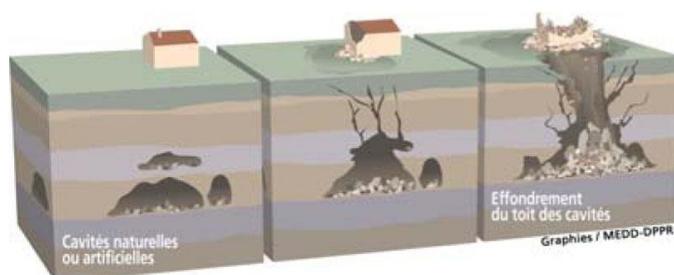
Risque de retrait-gonflement des argiles :

▭ aléa faible

Sources : BRGM ; BORALEX

Par ailleurs, les risques liés aux cavités souterraines peuvent se traduire par des effondrements de voûte d'une cavité présente en sous-sol de la zone d'étude. Dans la zone d'étude du projet, la commune de Glénic n'est pas particulièrement concernée par ces risques.

Figure 10 - Effondrement de cavités souterraines



Sources : MEDD-DPPR

4.2.2.3 Risque orageux

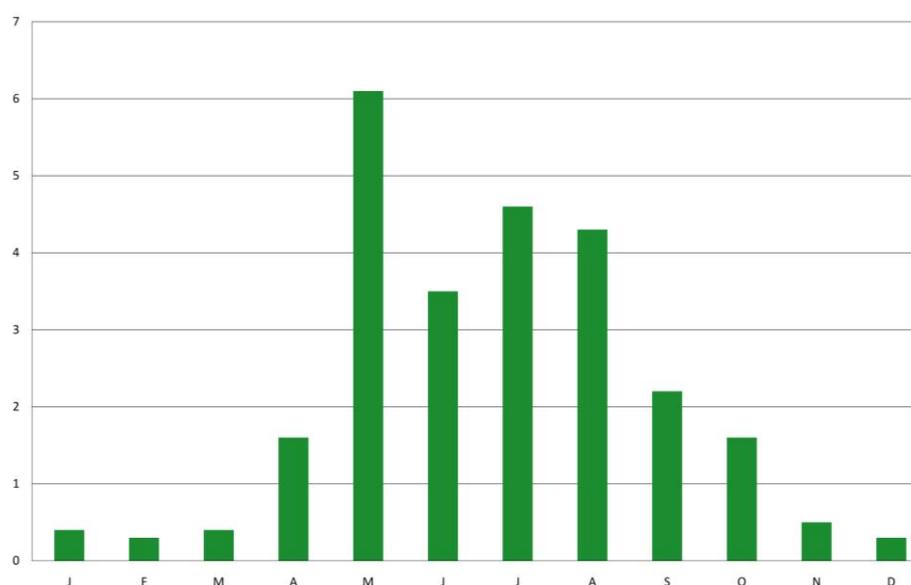
Le risque orageux, qui se traduit généralement par le phénomène de foudre, peut être exprimé à l'aide du niveau kéraunique Nk (nombre de jours par an où le tonnerre a été entendu).

En France, le niveau kéraunique varie de 8 à 36, avec une moyenne se situant autour de 25.

Le niveau kéraunique Nk s'élève à 26, très légèrement au-dessus de la moyenne nationale.

Les données de Météo France, relatives au poste de Guéret-Granchet, indiquent un nombre moyen annuel égal à 26 jours d'orage pour la période de référence 1988-2000, répartis principalement entre mai et août, avec un maximum en mai (près de 6 jours dans le mois). Ces données sont relativement supérieures au niveau des moyennes nationales, le nombre de jours d'orage par an moyen en France étant de 11,3 jours, mais ne sont pas pour autant particulièrement élevées.

Figure 11 - Nombre de jours d'orage



Sources : BORALEX ; Météo France, station de Guéret-Granchet

4.2.2.4 Tempêtes

D'après le DDRM du département de la Creuse, il a été considéré le Risque événements climatiques comme Risques majeurs, ceci incluant notamment le vent violent (ou tempête).

Le principal événement de vent fort sur le site remonte au 25/12/1999 avec la tempête Lothar qui avait traversé d'ouest en est la France. Durant cet épisode, des rafales à plus de 140 km/h avaient été enregistrées.

Les catastrophes naturelles recensées sur la commune accueillant les zones d'étude sont les suivantes :

Tableau 5 - Catastrophes naturelles

Commune	Type de catastrophe	Date du phénomène	Arrêté du
Glénic	Tempête	06/11/1982	18/11/1982
	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain causés par tempête	25/12/1999	29/12/1999

Source : site Internet prim.net. Consultation du 26/06/2015

4.2.2.5 Incendies de forêts et de cultures

Le département de la Creuse n'est pas considéré particulièrement exposé aux risques de feux de forêts et n'est donc pas soumis à l'élaboration de plans de protection des forêts contre les incendies. Les feux de forêts n'ont jamais fait l'objet d'arrêtés catastrophe naturelle dans le département et ce risque ne peut pas être considéré comme un risque majeur pour les zones d'étude considérées.

4.2.2.6 Inondations

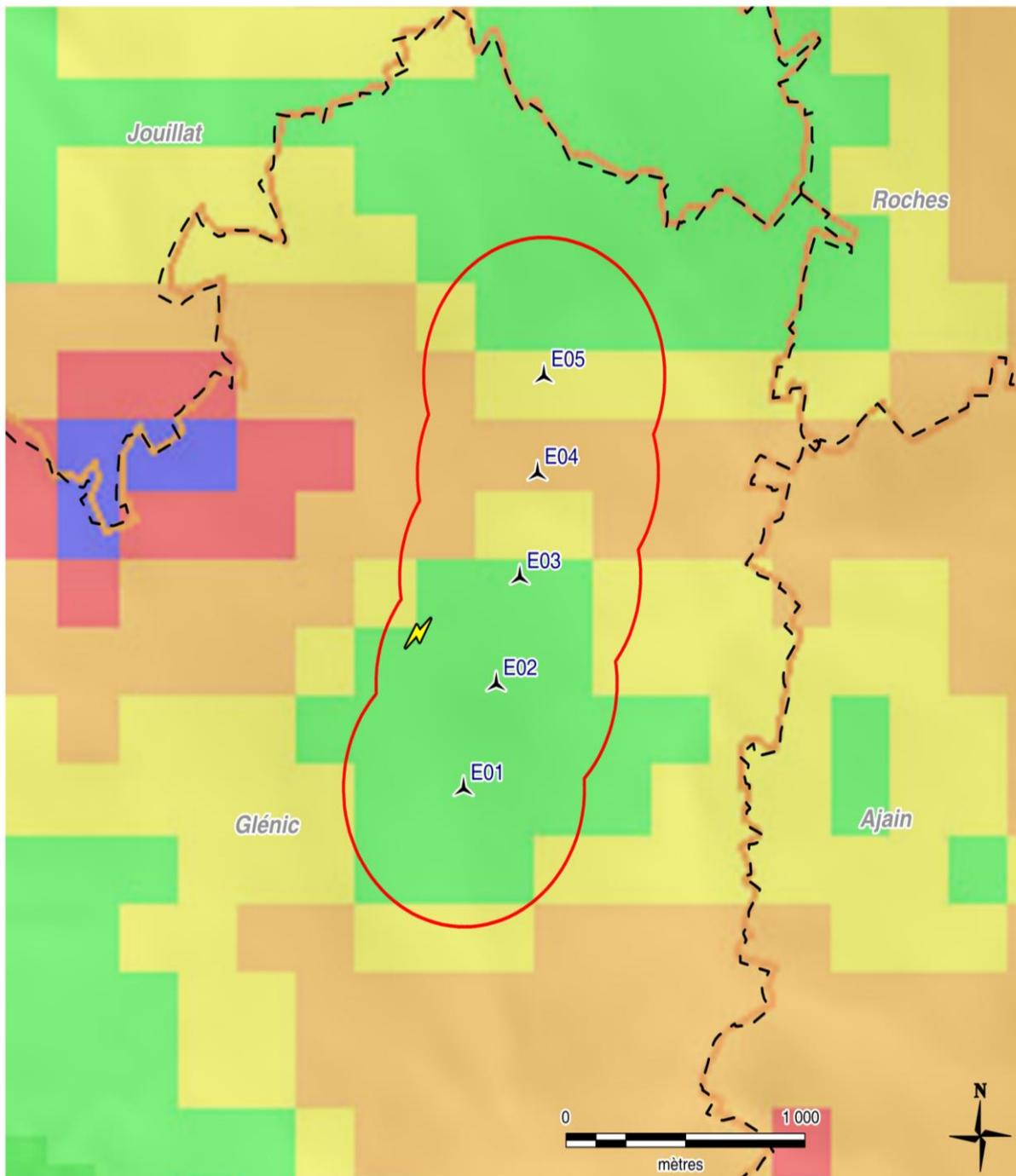
Le Dossier Départemental des Risques Majeurs de la Creuse recense dans les communes d'accueil du projet éolien la ville de Glénic comme ayant un risque d'inondation. La principale inondation qui l'avait touchée, la crue de janvier 1982, peut être estimée comme une période de retour décennale sur la Creuse.

Le niveau potentiel pour cette commune a été fixé au niveau le plus bas.

Les risques de remontées de nappes sont par ailleurs variables (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). La sensibilité est faible à moyenne, sauf au niveau des creux où elle est plus forte, notamment au niveau du ruisseau de Villegondry.

Compte tenu de sa position en majeure partie sur des collines, le site du projet est hors de zone à risque au regard des phénomènes de crues et des inondations.

Carte 15 - Risque de remontée de nappes



Projet :

- ▲ éolienne
- ⚡ poste de livraison électrique
- ▭ aire d'étude de dangers

Remontées de nappes (sources : BRGM) :

- ▭ nappe sub-affleurente
- ▭ sensibilité très forte
- ▭ sensibilité forte
- ▭ sensibilité moyenne
- ▭ sensibilité faible
- ▭ sensibilité très faible

Sources : BRGM ; BORALEX

4.3 ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

4.3.1 VOIES DE COMMUNICATION

Les paragraphes suivants permettent d'identifier l'ensemble des réseaux de communication présents dans les limites de la zone d'étude.

4.3.1.1 Transport routier

Aucune voie de transport routier dont la fréquentation est supérieure à 2 000 véhicules par jour ne traverse les zones d'étude.

La zone d'étude est partiellement traversée par la route départementale 63 et la route départementale 16. La zone d'étude inclut également plusieurs routes communales qui relient les hameaux avoisinants.

Tous ces axes de communication sont peu fréquentés (< 2 000 véhicules/jour).

D'autres voies maillent la zone d'étude (chemins d'exploitation, chemins privés, chemins de petite randonnée), mais il s'agit de voies encore moins fréquentées que celles précédemment citées.

Aucun ouvrage d'art (pont, tunnels, etc.) n'est présent à l'intérieur ou aux abords de la zone d'étude.

4.3.1.2 Transport ferroviaire

On ne dénombre aucune voie de transport ferroviaire à l'intérieur ou aux abords de la zone d'étude. La première infrastructure ferroviaire se situe à une distance d'environ 7 km au Sud-Ouest de l'éolienne E01. Il s'agit de la ligne ferroviaire reliant la zone industrielle de Cher du Prat au Nord de Guéret à la gare de Guéret.

4.3.1.3 Transport fluvial

Aucun cours d'eau permanent ne traverse la zone d'étude. En revanche, un étang est situé au Nord de la zone d'étude à proximité du lieu-dit « la Brousse » et plusieurs autres sont situés aux alentours mais sont en dehors de la zone d'étude. Les cours d'eau les plus proches ne sont pas navigables.

4.3.1.4 Transport aérien

Les zones d'étude ne sont grevées par aucune servitude ou contrainte aéronautique (militaire ou civile), ni aucun projet d'intérêt général.

Les contraintes et servitudes les plus proches sont :

- l'aérodrome de Guéret-Saint-Laurent, implanté à environ 5,5 km au Sud de la zone d'étude (périmètre de protection de 5 km autour des aérodromes) ;
- la zone réglementée LF-R 145 « Creuse » du réseau Très Basse Altitude (RTBA) défense, abaissé au sol à plus de 8 km au Nord-Ouest de la zone d'étude à l'intérieur de laquelle toute implantation est exclue.
- Le secteur non réglementaire SETBA « Combrailles » se situe à environ 400 mètres de l'éolienne E05 et ne constitue par conséquent pas une contrainte.

4.3.1.5 Distances aux voies de communication

La zone d'étude ne compte pas de route structurante. Les seules voies de communication manifestes identifiées dans les zones et à proximité des zones sont les routes départementales 16 et 63. Les routes départementales se situent toutes à une distance minimale de 100 m des éoliennes. Le tableau 6 précise la distance minimale des voies les plus proches de l'installation à chacune des éoliennes.

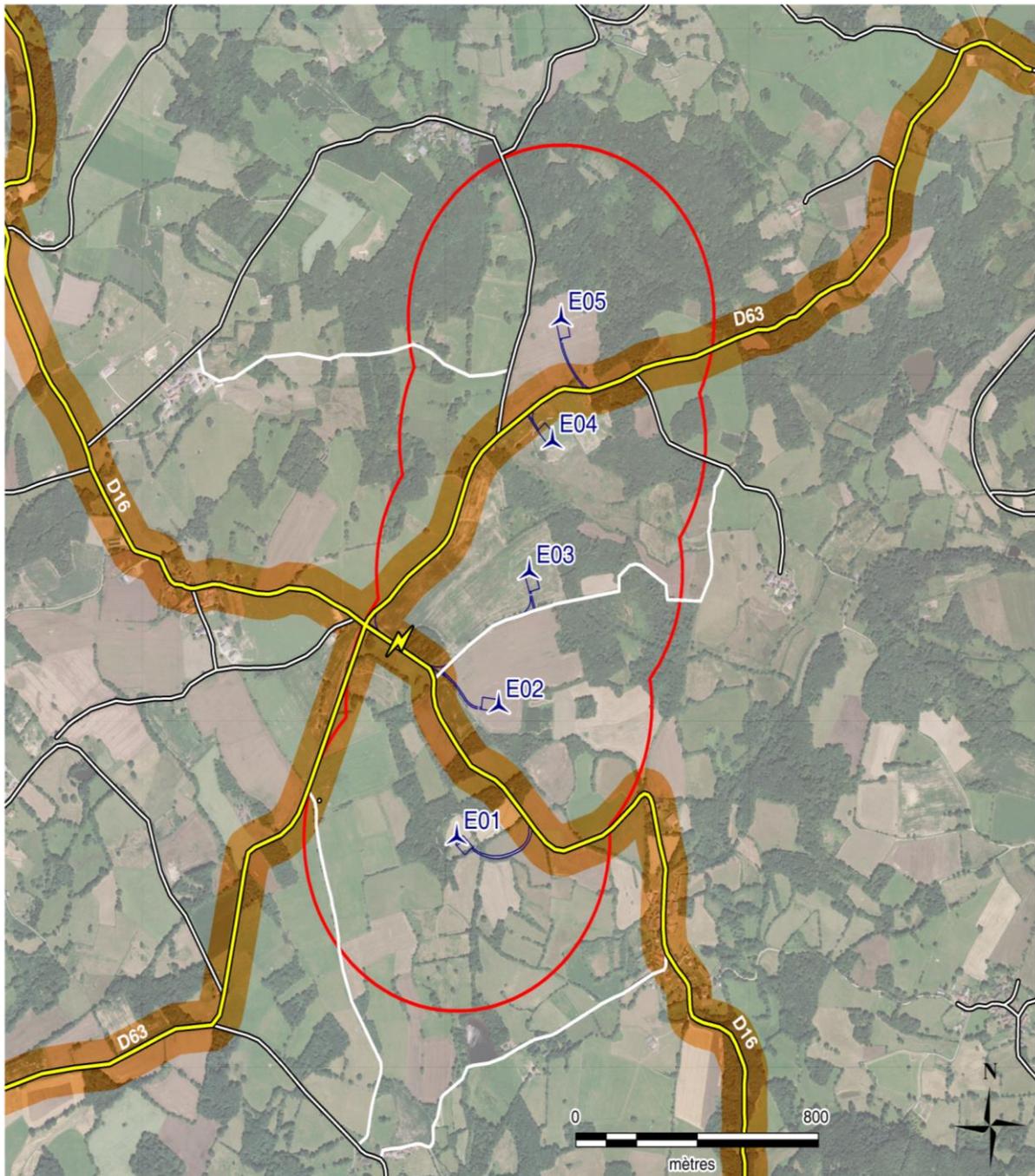
Les cartes 16 et 17 permettent de visualiser ces distances.

Tableau 6 - Distances de chacune des éoliennes aux routes les plus proches (en m).

	E01	E02	E03	E04	E05
D16	200	170	420	760	1 100
D63	500	470	270	110	200

Source : BORALEX

Cartes 16 - Voies de communication dans les zones d'étude



Voies de communication :

-  route départementale non structurante
-  autre route
-  voie non asphaltée
-  tampon de 75 m autour des routes départementales

Projet :

-  éolienne
-  poste de livraison électrique
-  survol des pales
-  accès
-  aire d'étude de dangers

Sources : © IGN - BD ORTHO® ; BORALEX

4.3.2 RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

Les paragraphes suivants ont pour objet de recenser les principales installations publiques présentes dans les limites de la zone d'étude.

4.3.2.1 Transport d'électricité

La ligne électrique aérienne HTB la plus proche est une ligne de 225 kV. Elle se situe à l'extérieur de la zone d'étude, à plus de 1900 m de l'aérogénérateur le plus proche E01.

Aucun poste électrique ne se trouve à l'intérieur de la zone d'étude (hormis le poste de livraison du projet de parc éolien des Bruyères). Le poste électrique le plus proche est le poste source de Sainte-Feyre, situé à plus de 4,9 km au Sud-Ouest de l'éolienne la plus proche (E01).

4.3.2.2 Canalisations de transport

Il n'y a pas d'ouvrage de transport d'hydrocarbures recensé dans la zone d'étude. Une conduite de gaz est présente à environ 3,5 km au Nord-Ouest de la zone d'étude.

4.3.2.3 Réseau d'assainissement

Aucun réseau d'assainissement n'est présent dans les limites des zones d'étude.

4.3.2.4 Réseau d'alimentation en eau potable

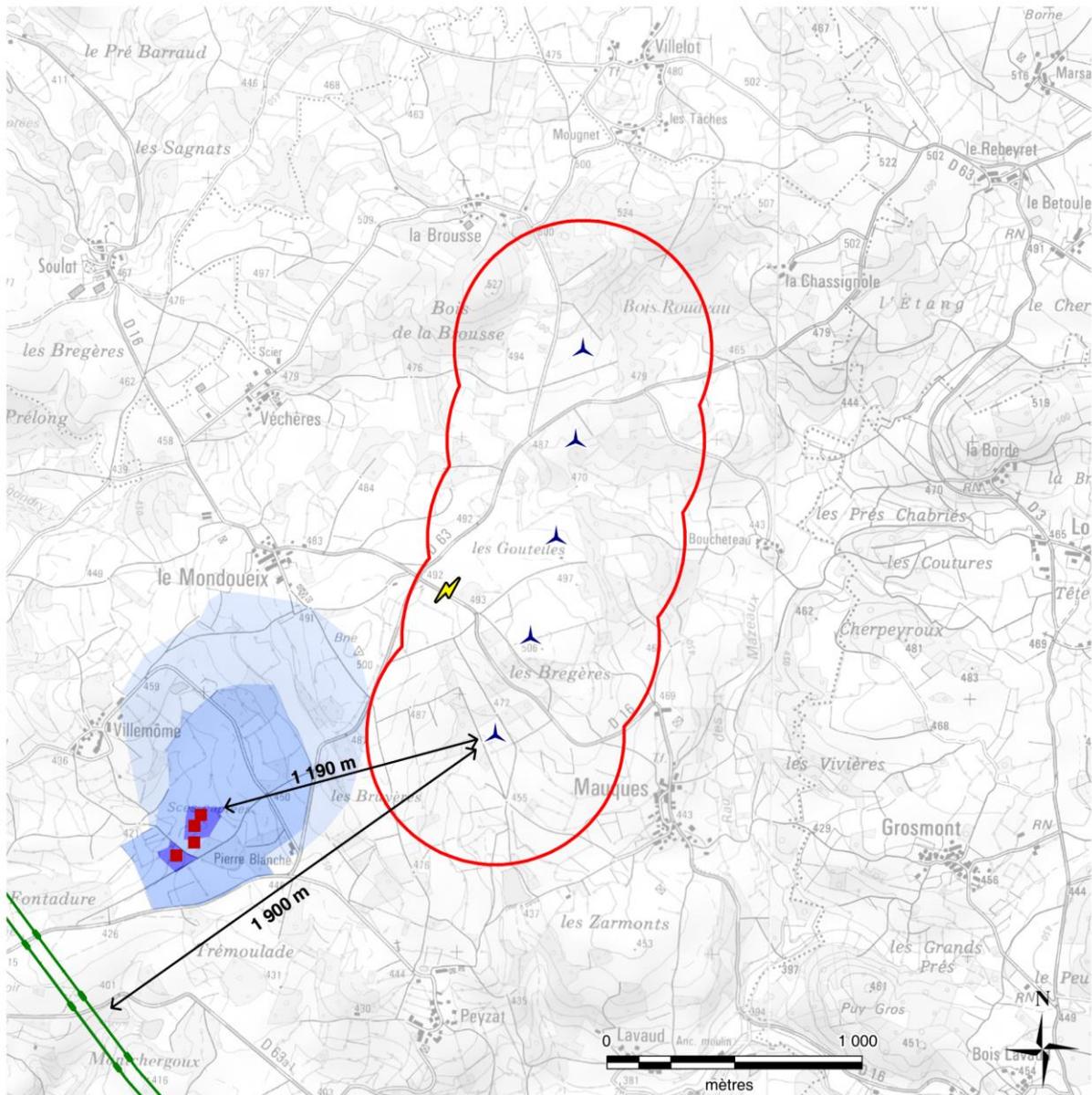
On ne recense aucun réseau d'eau dans les limites des zones d'étude. Cependant, plusieurs captages d'eau potable se situent à proximité de l'aire d'étude, au lieu-dit « Pierre Blanche ». Le plus proche se situe à environ 1 190 m de l'aérogénérateur E01.

Ces captages d'eau ainsi que leurs périmètres de protection immédiats et rapprochés ont été pris en compte en tant qu'enjeux à protéger dans la conception du parc.

4.3.2.5 Autres ouvrages publics

Aucun autre ouvrage public comme des barrages, des digues ou des bassins de rétention n'est recensé dans les zones d'étude.

Cartes 17 - Réseaux publics et privés des zones d'étude



Projet :

-  éolienne
-  poste de livraison électrique
-  aire d'étude de dangers

Réseaux :

Alimentation en eau potable

-  captage AEP
-  périmètre de protection immédiat
-  périmètre de protection rapproché
-  périmètre de protection éloigné

Transport d'électricité

-  ligne électrique 225 kV

Source : ARS ; BORALEX

4.4 CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

Les cinq cartes suivantes illustrent, éolienne par éolienne, le périmètre des zones d'étude, les enjeux à protéger ainsi que le nombre de personnes exposées à l'intérieur de la zone d'étude, selon la nature du secteur considéré.

Pour l'ensemble des calculs de nombres de personnes exposées, il a été choisi de considérer que :

- les routes non structurantes ou les chemins communaux sont des terrains non bâtis, aménagés mais peu fréquentés dont la densité à l'hectare est de 0,1 personne ;
- les chemins de randonnée représentés sur la carte 11 sont assimilables à des chemins de promenade de randonnée pour lesquels on compte deux personnes par kilomètre et par tranche de cent personnes sachant que leur fréquentation moyenne n'excède pas les cent promeneurs par jour ;
- le reste des terrains n'appartenant pas aux catégories précédemment citées peut-être apparenté à des terrains non bâtis non aménagés et très peu fréquentés dont la densité à l'hectare est de 0,01 personne.

Tableau 7 - Synthèse du nombre de personnes exposées par secteur des zones d'étude par la méthode basée sur la fiche n° 1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers

Secteur (500 m autour de l'aérogénérateur)	Secteur homogène considéré	Surface du secteur homogène en ha	Nombre de personnes exposées	Nombre de personne exposées par hectare
E01	Terrain non bâti, non aménagé et très peu fréquenté : prairies, forêts	78,56	0,79	0,025
	Terrain non bâti, aménagé mais peu fréquenté: voies de circulation non structurantes	0,71	0,07	
	Chemins et voies piétonnes : Chemins de randonnée	0,571 km	1,14	
	Total :	79,27	2,00	
E02	Terrain non bâti, non aménagé et très peu fréquenté : prairies, forêts	78,20	0,78	0,035
	Terrain non bâti, aménagé mais peu fréquenté: voies de circulation non structurantes	1,07	0,11	
	Chemins et voies piétonnes : Chemins de randonnée	0,940 km	1,88	
	Total :	79,27	2,77	
E03	Terrain non bâti, non aménagé et très peu fréquenté : prairies, forêts	78,17	0,78	0,041
	Terrain non bâti, aménagé mais peu fréquenté: voies	1,10	0,11	

	de circulation non structurantes			
	Chemins et voies piétonnes : Chemins de randonnée	1,164 km	2,33	
	Total :	79,27	3,22	
E04	Terrain non bâti, non aménagé et très peu fréquenté : prairies, forêts	77,92	0,78	0,023
	Terrain non bâti, aménagé mais peu fréquenté: voies de circulation non structurantes	1,35	0,14	
	Chemins et voies piétonnes : Chemins de randonnée	0,464 km	0,93	
	Total :	79,27	1,85	
E05	Terrain non bâti, non aménagé et très peu fréquenté : prairies, forêts	78,13	0,78	0,011
	Terrain non bâti, aménagé mais peu fréquenté: voies de circulation non structurantes	1,14	0,11	
	Chemins et voies piétonnes : Chemins de randonnée	0 km	0	
	Total :	79,27	0,89	

Source : BORALEX

Carte 18 - Synthèse des enjeux à protéger (éolienne E01)



Projet :

-  éolienne
-  survol des pales
-  poste de livraison électrique
-  aire d'étude de dangers

Enjeux à protéger pour E01 :

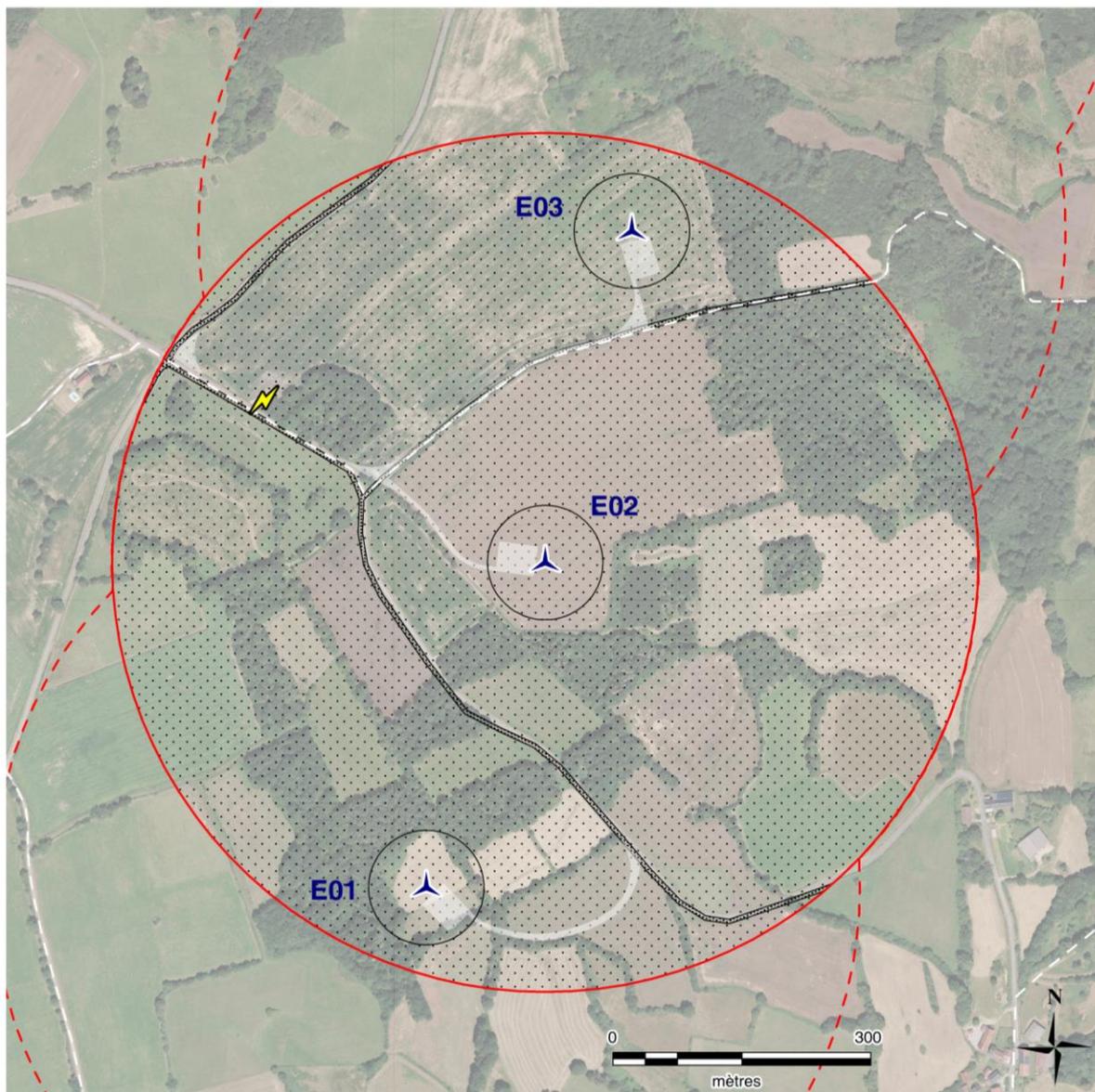
-  périmètre de 500 m autour de l'éolienne

Personnes exposées : 2

-  densité de 2 pers./km (1,14 personnes)
-  densité de 0,01 pers./ha (0,79 personne)
-  densité de 0,1 pers./ha (0,07 personne)

Sources : © IGN - BD ORTHO® ; BORALEX

Carte 19 - Synthèse des enjeux à protéger (éolienne E02)



Projet :

-  éolienne
-  survol des pales
-  poste de livraison électrique
-  aire d'étude de dangers

Enjeux à protéger pour E02 :

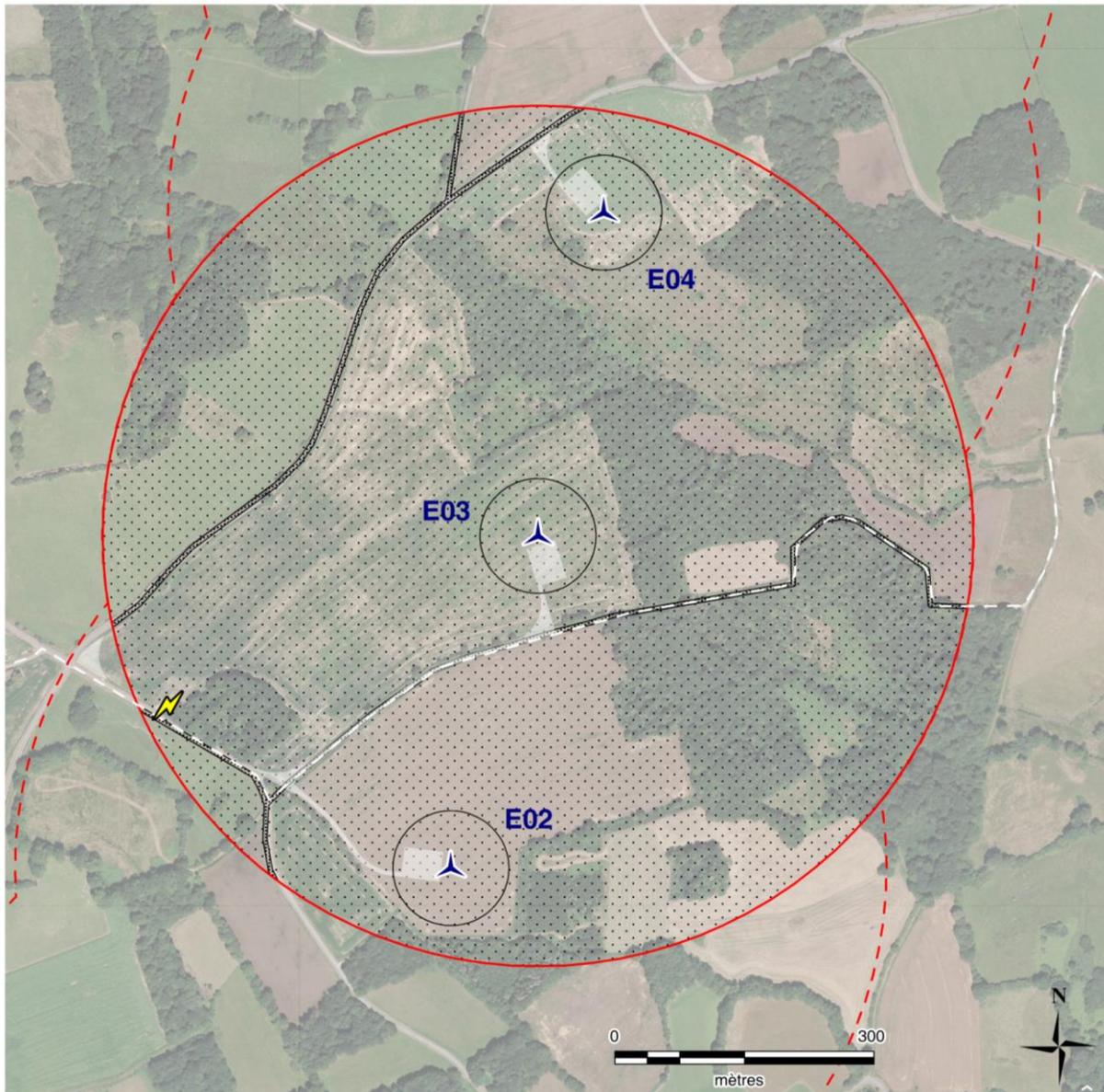
-  périmètre de 500 m autour de l'éolienne

Personnes exposées : 2,77

-  densité de 2 pers./km (1,88 personnes)
-  densité de 0,01 pers./ha (0,78 personne)
-  densité de 0,1 pers./ha (0,11 personne)

Sources : © IGN - BD ORTHO® BORALEX

Carte 20 - Synthèse des enjeux à protéger (éolienne E03)



Projet :

-  éolienne
-  survol des pales
-  poste de livraison électrique
-  aire d'étude de dangers

Enjeux à protéger pour E03 :

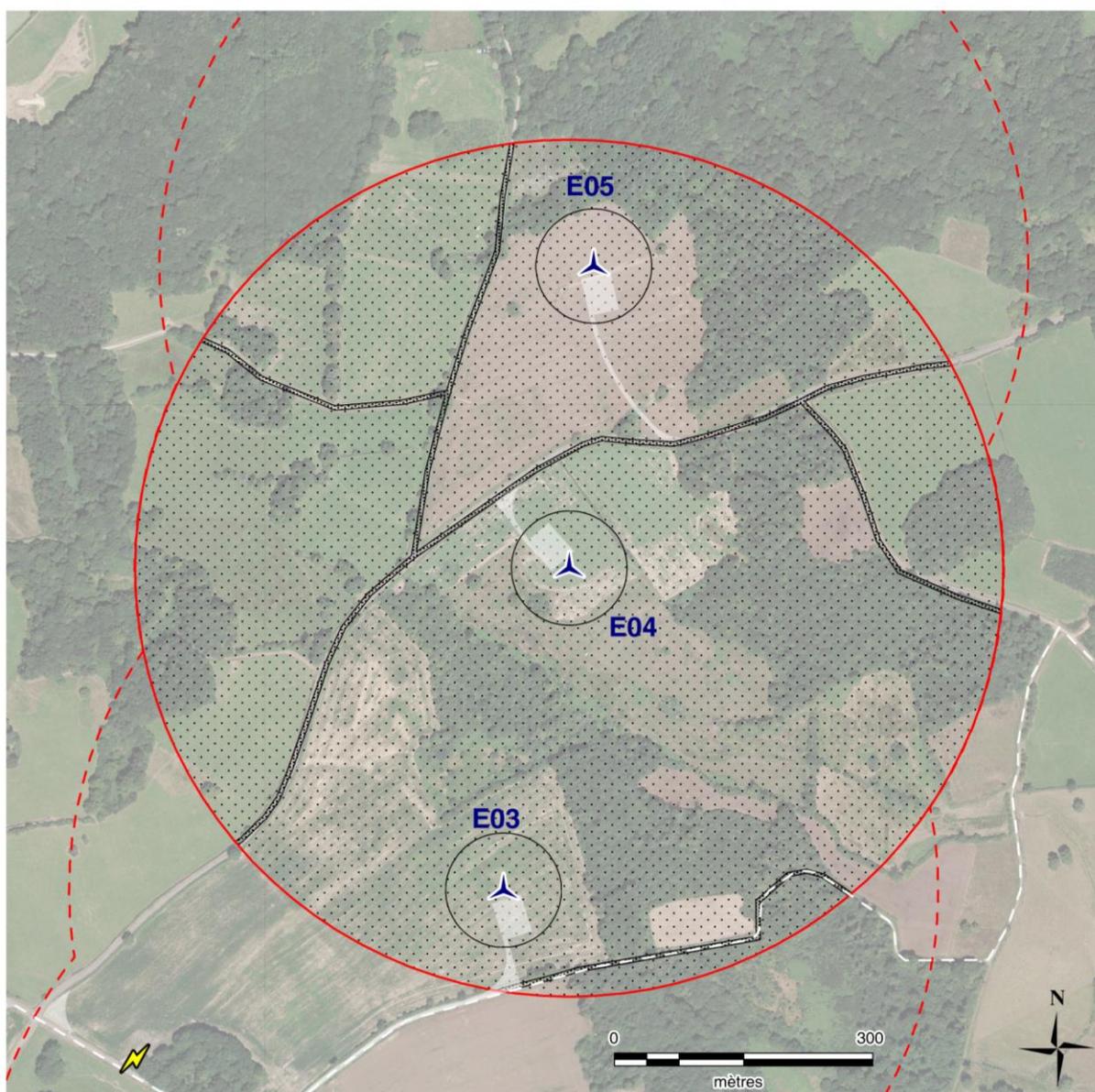
-  périmètre de 500 m autour de l'éolienne

Personnes exposées : 3,22

-  densité de 2 pers./km (2,33 personnes)
-  densité de 0,01 pers./ha (0,78 personne)
-  densité de 0,1 pers./ha (0,11 personne)

Sources : © IGN - BD ORTHO® ; BORALEX

Carte 21 - Synthèse des enjeux à protéger (éolienne E04)



Projet :

-  éolienne
-  survol des pales
-  poste de livraison électrique
-  aire d'étude de dangers

Enjeux à protéger pour E04 :

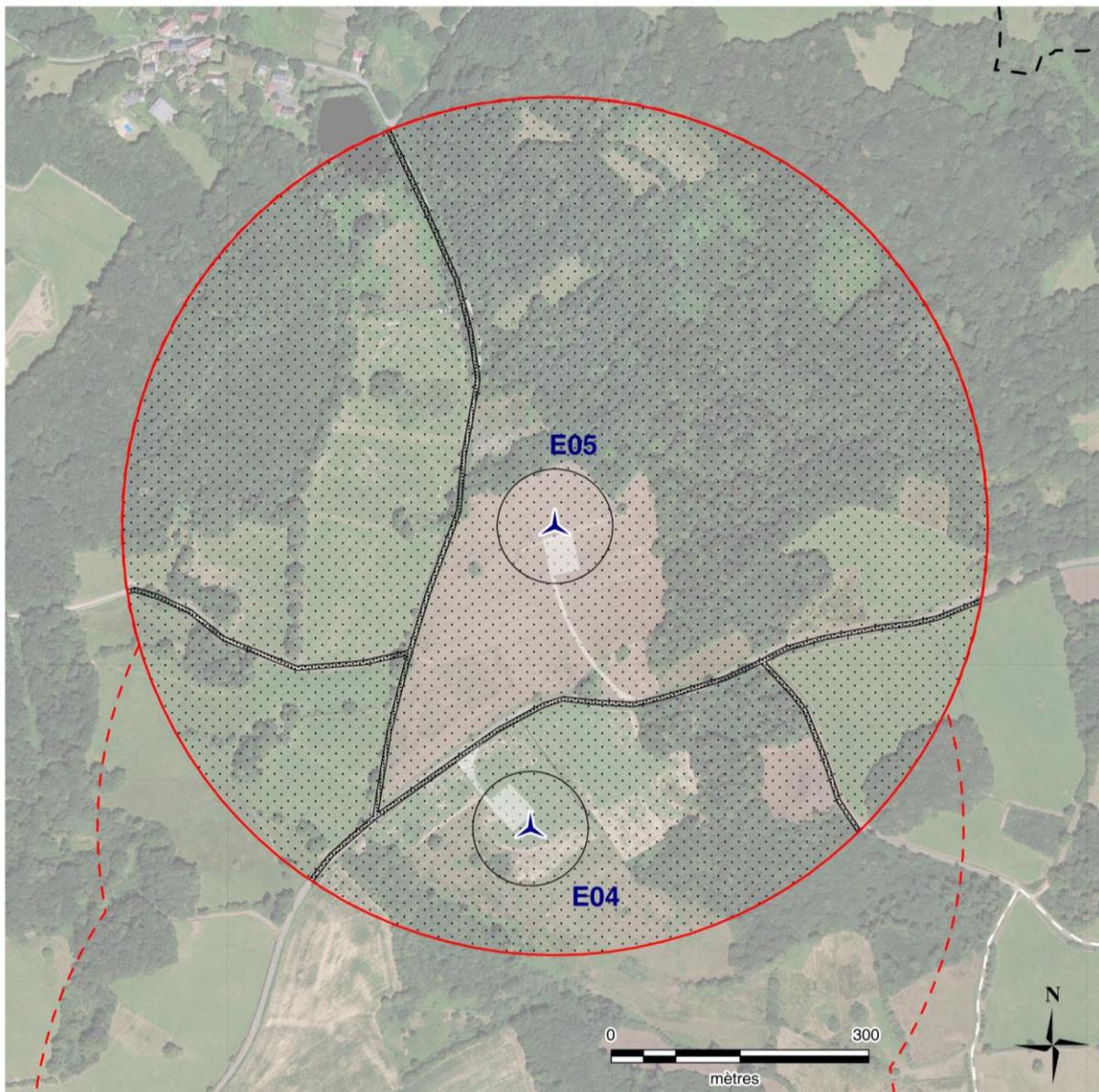
-  périmètre de 500 m autour de l'éolienne

Personnes exposées : 1,85

-  densité de 2 pers./km (0,93 personnes)
-  densité de 0,01 pers./ha (0,78 personne)
-  densité de 0,1 pers./ha (0,14 personne)

Sources : © IGN - BD ORTHO® ; BORALEX

Carte 22 - Synthèse des enjeux à protéger (éolienne E05)



Projet :

-  éolienne
-  survol des pales
-  poste de livraison électrique
-  aire d'étude de dangers

Enjeux à protéger pour E05 :

-  périmètre de 500 m autour de l'éolienne

Personnes exposées : 0,89

-  densité de 0,01 pers./ha (0,78 personne)
-  densité de 0,1 pers./ha (0,11 personne)

Sources : © IGN - BD ORTHO® ; BORALEX

5 Description de l'installation

Ce chapitre a pour objectif de caractériser l'installation envisagée ainsi que son organisation et son fonctionnement, afin d'identifier les principaux potentiels de danger qu'elle représente (chapitre 6), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

5.1 CARACTÉRISTIQUES DE L'INSTALLATION

5.1.1 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE L'INSTALLATION

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe 5.3) :

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

5.1.2 ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS D'UN AÉROGÉNÉRATEUR

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011² relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, les aérogénérateurs (ou éoliennes) sont définis comme un dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

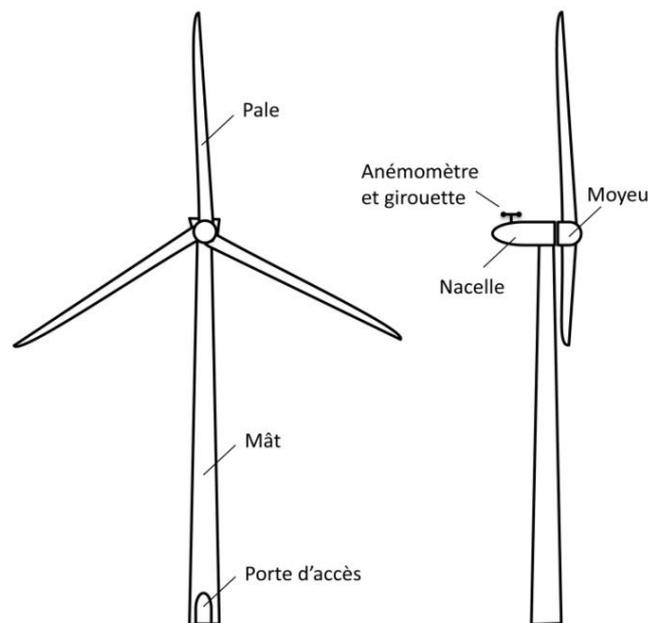
Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **le rotor**, composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent ;

² Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.

- **le mât**, généralement composé de trois à quatre tronçons en acier ou de quinze à vingt anneaux de béton surmontés d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique ;
- **la nacelle**, qui abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - le générateur, qui transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique,
 - le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas),
 - le système de freinage mécanique,
 - le système d'orientation de la nacelle, qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie,
 - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
 - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aérienne.

Figure 12 - Schéma simplifié d'un aérogénérateur



Source : Guide technique INERIS

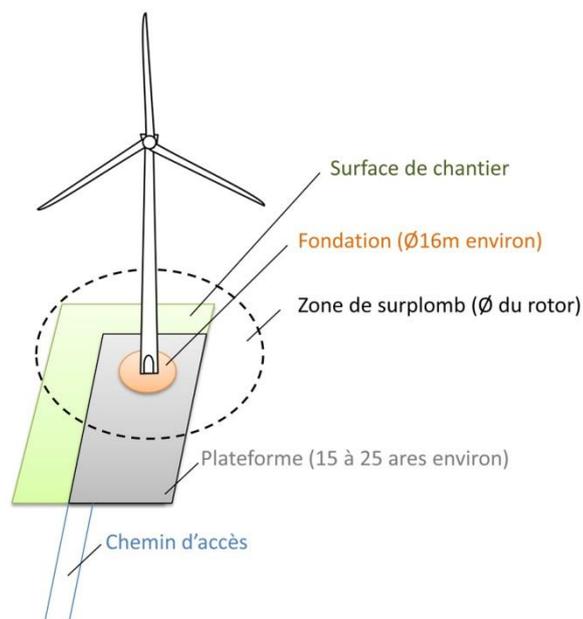
5.1.2.1 Emprise au sol

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

- **la surface de chantier** est une surface temporaire, durant la phase de construction, destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes ;
- **la fondation de l'éolienne** est recouverte de terre végétale. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol ;
- **la zone de survol** ou de survol correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât ;

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

Figure 13 - Illustration des emprises au sol d'une éolienne



Source : Guide technique INERIS

5.1.2.2 Chemins d'accès

Pour atteindre chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes, aussi bien pour les opérations de construction du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc éolien :

- l'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins agricoles existants ;
- si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés sur les parcelles agricoles.

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

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

5.1.2.3 Autres installations

Le parc éolien des Bruyères sera pourvu d'une aire d'accueil du public au niveau du poste de livraison. Elle accueillera occasionnellement les randonneurs, profitant de bancs et d'un abri ainsi que de panneaux informatifs. Cet aménagement est pris en considération dans l'étude de dangers comme chemin de randonnée.

5.1.3 ACTIVITÉ DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien des [Bruyères](#) est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de [128 m maximum](#). Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

5.1.4 COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien des [Bruyères](#) est composé de [cinq](#) aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Le modèle d'aérogénérateur constituant le parc éolien n'a pas encore été arrêté par BORALEX. L'ensemble des aérogénérateurs présente des variations relatives de dimensions et chacun est pourvu de fonctions de sécurité internes analogues énumérées au paragraphe 8.6. L'analyse détaillée des risques du paragraphe 9.2 sera menée de façon à étudier parallèlement chaque alternative.

Cette approche permet, une fois le projet autorisé, de sélectionner le modèle le plus évolué et le plus adapté aux besoins et contraintes identifiés³.

Les six modèles d'aérogénérateurs étudiés pour le parc éolien des [Bruyères](#) sont les suivants :

- VESTAS V100 HH120 2 MW ;
- VESTAS V110 HH95 2 MW ;
- VESTAS V110 HH125 2 MW ;
- POMA LTW117 HH91,5 2 MW ;
- SENVION MM122 HH119 3 MW;
- VESTAS V136 HH112 3,45 MW.

Tous ces aérogénérateurs ont une hauteur de moyeu [comprise entre 91,5 m et 125 m](#) (soit une hauteur de mât [comprise entre 94,2 m et 127,7 m](#) au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor [compris entre 100 m et 136 m](#), soit une hauteur totale en bout de pale [comprise entre 150 m et 180 m](#). Le tableau ci-dessous détaille les dimensions et caractéristiques des éoliennes considérées.

³ NB : Une fois les autorisations obtenues, un seul modèle sera retenu pour l'ensemble des cinq machines.

Tableau 8 - Détails des différentes caractéristiques des éoliennes envisagées

	VESTAS V100 HH120 2 MW	VESTAS V110 HH95 2 MW	VESTAS V110 HH125 2 MW	POMA LTW117 HH91,5 2 MW	SENVION MM122 HH119 3 MW	VESTAS V136 HH112 3,45 MW
Caractéristiques de fonctionnement						
Puissance nominale	2 MW	2 MW	2 MW	2 MW	3 MW	3,45 MW
Vitesse de vent au démarrage	3 m/s (10,8 km/h)	3 m/s (10,8 km/h)	3 m/s (10,8 km/h)			
Vitesse de vent au décrochage	20 m/s (72 km/h)	22 m/s (79,2 km/h)	22,5 m/s (79,2 km/h)			
Vitesse de vent nominale	18 m/s (64,8 km/h)	18 m/s (64,8 km/h)	18 m/s (64,8 km/h)	12 m/s (43,2 km/h)	12 m/s (43,2 km/h)	20 m/s (72 km/h)
Caractéristiques du rotor						
Nombre de pales	3	3	3	3	3	3
Diamètre du rotor	100 m	110 m	110 m	117 m	122 m	136 m
Longueur des pales	49 m	54 m	54 m	57,5 m	59,8 m	66,7 m
Largeur de base des pales	3,9 m	3,9 m	3,9 m	4,25 m	3,9 m	4,1 m
Vitesse maximale du rotor	16,6 tr/min	14,9 tr/min	14,9 tr/min	12 tr/min	13,2 tr/min	No data
Régulation de puissance	Capteur de rotation et système de conversion	Capteur de rotation et système de conversion	Capteur de rotation et système de conversion	vitesse variable et contrôle de Pitch	Calage de pale et régulation électrique du couple	Capteur de rotation et système de conversion
Masse d'une pale	7 500 kg	8 000 kg	8 000 kg	No data	8 160 kg	No data
Caractéristiques du mât						
Type de mât	Tubulaire	Tubulaire	Tubulaire	Tubulaire	Tubulaire	Tubulaire
Hauteur nacelle comprise	122,7 m	97,7 m	127,7 m	94,2 m	121,3 m	113,3 m
Hauteur au moyeu	120 m	95 m	125 m	91,5 m	119 m	112 m
Diamètre de base de la tour	4,2 m	4,2 m	4,2 m	5,2 m	4,3 m	6,3 m
Hauteur totale	170 m	150 m	180 m	150 m	180 m	180 m
Autres éléments						
Génératrice	Asynchrone à courant triphasé	Asynchrone à courant triphasé	Asynchrone à courant triphasé	Entraînement direct à aimants permanents synchrones, courant triphasé	Asynchrone à double alimentation	Asynchrone à courant triphasé
Protection antifoudre	Paratonnerres dans les pales du rotor	Paratonnerres dans les pales du rotor	Paratonnerres dans les pales du rotor			
	Mise à la terre des composants électriques	Mise à la terre des composants électriques	Mise à la terre des composants électriques			
Transformateur						
Type	Sec	Sec	Sec	à huile	Sec	Sec
Localisation	Nacelle	Nacelle	Nacelle	Base de la tour	Base de la tour	Nacelle

Sources : BORALEX ; VESTAS ; SENVION ; POMA

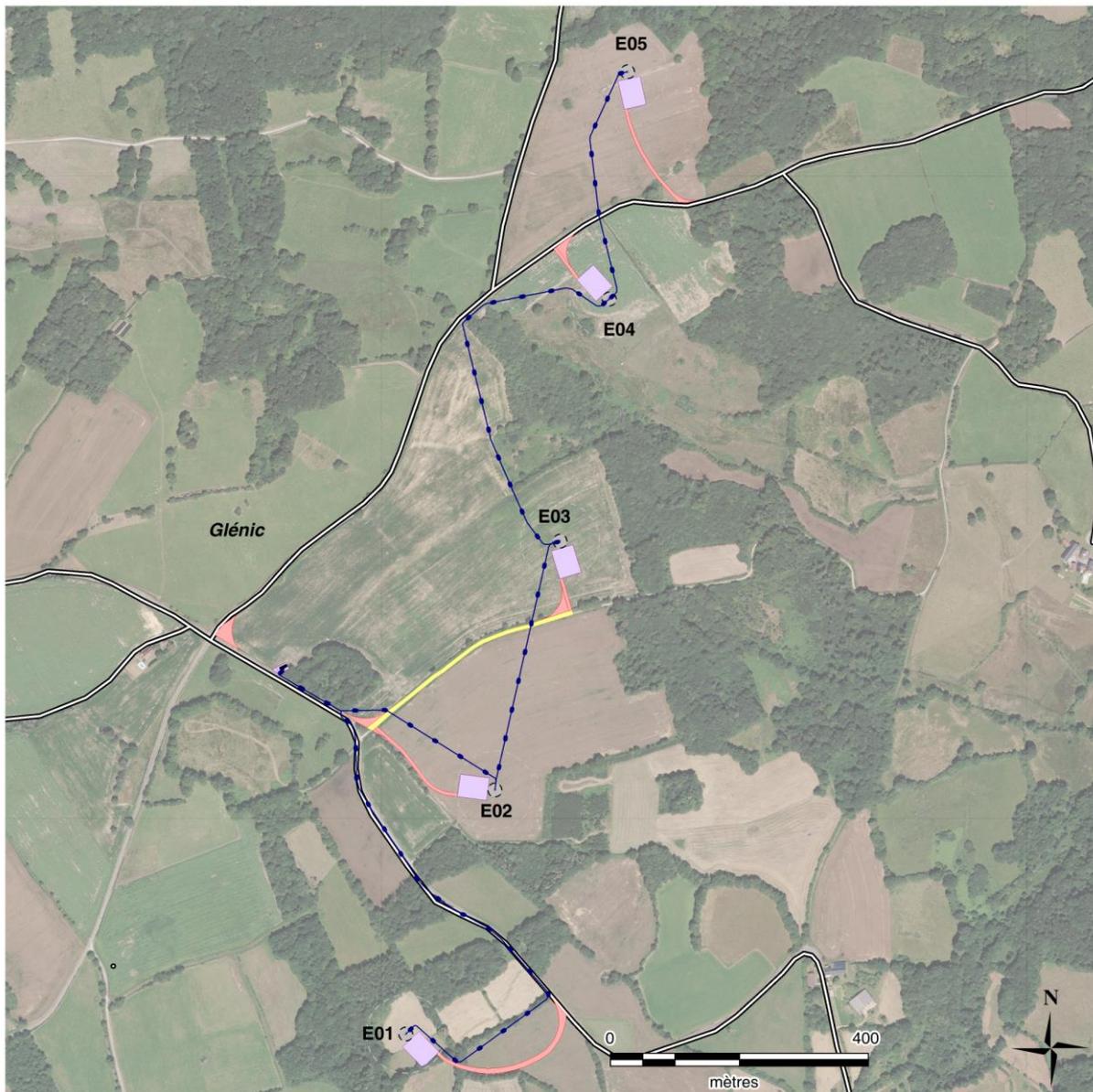
Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison.

Tableau 9 - Coordonnées géographiques des éoliennes

	Lambert 93		Lambert II étendu		WGS 84		Altitude en mètres NGF (en m)
	X (en m)	Y (en m)	X (en m)	Y (en m)	Long. DMS	Lat. DMS	
E01	620 037,33	6 570 664,46	571 142,18	2 136 843,08	1°57'44.6728" E	46°13'52.0043" N	464
E02	620 175,46	6 571 044,25	571 277,25	2 137 224,25	1°57'50.8918" E	46°14'4.3735" N	502,7
E03	620 276,24	6 571 431,65	571 374,86	2 137 612,86	1°57'55.3622" E	46°14'16.9739" N	491
E04	620 352,40	6 571 808,63	571 447,96	2 137 990,82	1°57'58.6894" E	46°14'29.2258" N	481
E05	620 380,88	6 572 162,36	571 473,51	2 138 345,06	1°57'59.8036" E	46°14'40.7040" N	493,8
Poste de livraison	570 948,68	2 137 413,58	619 848,09	6 571 235,76	1°57'35.5129" E	46°14'10.4539" N	490

Source : BORALEX

Cartes 23 - Plan détaillé de l'installation



Projet :

- éolienne (virole)
- survol des pales
- fondation
- aire de levage
- aménagement d'accès à créer
- chemin d'accès existant à renforcer
- accès existant
- poste de livraison électrique
- réseau enterré inter-éolien

Sources : © IGN - BD ORTHO® ; BORALEX

5.2 FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

5.2.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AÉROGÉNÉRATEUR

Les instruments de mesure du vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne. Grâce aux informations transmises par la girouette qui détermine la direction du vent, le rotor se positionnera pour être continuellement face au vent.

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ cent fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 50 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

Pour un aérogénérateur de 2,5 MW par exemple, la production électrique horaire atteint 2 500 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 100 km/h (variable selon le type d'éoliennes), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité.

Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

- le premier par la mise en drapeau des pales, c'est-à-dire un freinage aérodynamique : les pales prennent alors une orientation parallèle au vent ;
- le second par un frein mécanique sur l'arbre de transmission à l'intérieur de la nacelle.

Tableau 10 - Découpage fonctionnel de l'installation

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol.	Circulaire, en général entre 15 et 25 m de diamètre et 3 à 4 m d'épaisseur environ. Les quantités de béton et les plans de ferrailage sont fonction des résultats des études géotechniques préalablement menées. Ils sont validés par un bureau de contrôle indépendant agréé par l'État. Les études géotechniques, les calculs la conception, l'exécution et le contrôle des fondations suivent les recommandations du comité français de mécanique des sols (CFMS).
Plate-forme	Permettre le montage de l'aérogénérateur par grutage, l'exploitation et les interventions dans le cadre des opérations de maintenance.	Composition et épaisseur selon les recommandations du constructeur d'aérogénérateurs et après étude de la nature du terrain par prélèvements. Dimensions d'environ 40 m par 35 m pour une épaisseur de 50 à 60 cm environ, pente maximale de 2 %.
Mât	Supporter la nacelle et placer le rotor de l'aérogénérateur à une hauteur optimale pour bénéficier de bonnes conditions de vent.	Tubulaire acier d'épaisseur de quelques centimètres et composé de plusieurs sections de 4 m environ. Le niveau de tension des câbles descendant à l'intérieur du mât dépend de la position du transformateur. Pour les éoliennes POMA, les mâts sont en béton. S'il est placé dans la nacelle (cas Vestas), alors la tension est de 20 kV, sinon, elle est égale à celle de sortie de la génératrice, soit 690 V environ.
Nacelle	Supporter le rotor, abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité (anémomètre, girouette, balisage, etc.).	Châssis cage en métal, habillage en résine. Tension en sortie de génératrice de 690 V. Si le transformateur se trouve dans la nacelle (modèle Vestas), le niveau de tension est élevé à 20 kV. D'autres niveaux de tension plus faibles peuvent aussi exister dans la nacelle, cela afin d'alimenter des systèmes auxiliaires ou de permettre le branchement d'appareils lors de certaines opérations de maintenance.
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice.	Au nombre de trois, les pales sont en matériaux composites : époxy, fibre de verre, fibre de carbone, acier, etc. Le moyeu, dont la fonction est de réunir les trois pales entre elles, est un moulage de fonte.
Transformateurs	Transformateur éolienne : élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau interéoliennes.	Sec et situé dans la nacelle pour Vestas, sec et au pied du mât pour SENVION. A huile et situé au pied du mât pour la POMA. Sa puissance est adaptée à celle de l'aérogénérateur.
	Transformateur poste de livraison : abaisser la tension d'une partie du courant afin d'alimenter des équipements auxiliaires de supervision et commande.	A huile et situé dans le poste de livraison, sa puissance est comprise entre 50 kVA et 100 kVA. Il abaisse la tension de 20 kV à 400 V, permettant ainsi l'alimentation des équipements auxiliaires de supervision et de commande.

Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau inter-éoliennes et le réseau Enedis. Abriter les organes de protection et de supervision (cellules de protection, disjoncteurs, compteur électrique).	D'une surface approximative de 20 m ² , le poste de livraison est pourvu de cellules de protection moyenne tension (20 kV), d'équipements auxiliaires de supervision et commande et d'un transformateur permettant l'alimentation de ces derniers en basse tension.
Liaisons interéoliennes	Transporter l'énergie électrique produite par les aérogénérateurs jusqu'au poste de livraison du parc.	Les câbles électriques enterrés dans un lit de sable à une profondeur comprise à 1 m minimum le long des dessertes sont signalés par un grillage avertisseur placé 30 cm au-dessus des câbles. La tension des câbles souterrains de tout le réseau interéolien est de 20 kV.

Source : BORALEX

5.2.2 SÉCURITÉ DE L'INSTALLATION

5.2.2.1 Installation conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation

Le tableau suivant permet de justifier en quoi le parc éolien des Bruyères est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 en matière de sécurité de l'installation.

Tableaux 11 - Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 en matière de sécurité de l'installation

Installations soumises à autorisation Conformité aux prescriptions de l'arrêté		
Source	Exigences de l'arrêté du 26 août 2011	Réponse aux exigences
Section 2 Implantation Art. 3	<p>L'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de :</p> <ul style="list-style-type: none"> – 500 m de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 ; – 300 m d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d'une installation classée pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 mai 2000 susvisé en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables. <p>Cette distance est mesurée à partir de la base du mât de chaque aérogénérateur.</p>	<p>Les distances minimales sont prises en compte lors de l'implantation des machines dès la phase de développement du projet.</p> <p>Le parc éolien des Bruyères sera situé à plus de 500 m de l'habitation ou zone urbanisable la plus proche « Mauques » et à plusieurs dizaines de kilomètres de l'installation nucléaire de base la plus proche.</p>
Art. 4 (arrêté modificatif du 6 novembre 2014)	<p>L'installation est implantée de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens.</p> <p>En outre, les perturbations générées par l'installation ne gênent pas de manière significative le fonctionnement des équipements militaires.</p> <p>4-1. Afin de satisfaire au premier alinéa du présent article, les aérogénérateurs sont implantés dans le respect des distances minimales d'éloignement indiquées dans le tableau I ci-après sauf si l'exploitant dispose de l'accord écrit du ministère en charge de l'aviation civile ou de l'autorité portuaire en charge de l'exploitation du radar.</p> <p>Tableau I</p>	<p>Dès les premières phases de développement du projet, les distances minimales à établir entre les aérogénérateurs et les radars sont prises en compte. Par ailleurs, tout au long du projet, les gestionnaires de radars sont sollicités pour avis sur des servitudes ou contraintes à prendre en compte dans la conception du parc.</p> <p>Le parc éolien des Bruyères se situe à :</p> <ul style="list-style-type: none"> • plus de 50 km du radar VOR situé au nord ; • plus de 250 km du radar primaire de l'aviation civile le plus proche (Lyon) ; • plus de 75 km du radar secondaire le plus proche (Limoges) ; • plusieurs centaines de kilomètres des radars ayant trait aux activités maritimes et fluviales ; • plus de 95 km du radar météorologique le plus proche (Bourges).

	DISTANCE MINIMALE d'éloignement en kilomètres
Radars de l'aviation civile :	
-radar primaire ;	30
-radar secondaire ;	16
-VOR (Visual Omni Range).	15
Radars des ports (navigations maritimes et fluviales)	
Radars portuaires	20
Radars de centre régional de surveillance et de sauvetage	10

Afin de satisfaire au premier alinéa du présent article, l'implantation des aérogénérateurs est interdite à l'intérieur de la surface définie par la distance de protection précisée au tableau II de l'article 4 sauf avis favorable délivré par l'établissement public chargé des missions de l'État en matière de sécurité météorologique des personnes et des biens.

Afin de satisfaire au premier alinéa du présent article, les aérogénérateurs sont implantés dans le respect des distances minimales d'éloignement indiquées dans le tableau II ci-après, sauf si l'exploitant fournit une étude des impacts cumulés sur les risques de perturbations des radars météorologiques par les aérogénérateurs implantés en deçà des distances minimales d'éloignement indiquées dans le tableau II ci-après. Cette étude des impacts justifie du respect d'une longueur maximale de 10 km de chaque zone d'impact associée au projet, d'une inter-distance minimale de 10 km entre les différentes zones d'impacts, à tout moment d'une occultation maximale de 10 % de la surface du faisceau radar par un ou plusieurs aérogénérateurs et d'une interdistance minimale de 10 km entre chaque zone d'impact et les sites sensibles constitués des installations nucléaires de base et des installations mentionnées à l'article L. 515-8 du code de l'environnement jusqu'au 31 mai 2015 ou à l'article L. 515-36 du code de l'environnement à partir du 1er juin 2015.

L'étude des impacts peut être réalisée selon une méthode reconnue par le ministre chargé

des installations classées pour la protection de l'environnement dans les conditions définies à l'article 4-2-2. A défaut, le préfet peut exiger l'avis d'un tiers-expert sur cette étude, dans les conditions de l'article R. 512-7 du code de l'environnement et il consulte pour avis l'établissement public chargé des missions de l'État en matière de sécurité météorologique des personnes et des biens ; cet avis est réputé favorable en l'absence de réponse dans les deux mois.

Pour les départements d'outre-mer et dans le cadre de la mise en œuvre d'une méthode reconnue par le ministre chargé des installations classées pour la protection de l'environnement, les critères fixés au deuxième alinéa du présent point 4-2-1 peuvent faire l'objet d'un aménagement spécifique au département concerné par décision du ministre chargé des installations classées pour la protection de l'environnement sur la base de l'avis consultatif de l'établissement public chargé des missions de l'État en matière de sécurité météorologique des personnes et des biens qu'il aura consulté, avis réputé favorable en l'absence de réponse dans les deux mois.

Tableau II

	DISTANCE de protection en kilomètres	DISTANCE MINIMALE d'éloignement en kilomètres
Radar météorologique :		
-radar de bande de fréquence C	5	20
-radar de bande de fréquence S	10	30
-radar de bande de fréquence X	4	10

4-2-2. La reconnaissance d'une méthode de modélisation des perturbations générées par les aérogénérateurs sur les radars météorologiques, prévue à l'article 4-2-1, ainsi que des organismes compétents pour la mettre en œuvre est conditionnée par la fourniture au

	<p>ministre chargé des installations classées pour la protection de l'environnement :</p> <ul style="list-style-type: none">-d'une présentation de la méthode de modélisation ;-d'une justification de la compétence du ou des organismes chargés de mettre en œuvre cette méthode de modélisation ;-de la comparaison entre les perturbations réellement observées et les résultats issus de la modélisation effectuée sur la base d'un ou de plusieurs parcs éoliens implantés dans les distances d'éloignements d'un radar météorologique telles que définies dans le tableau II. Le choix de ces parcs fait l'objet d'un accord préalable du ministre chargé des installations classées pour la protection de l'environnement après consultation par ce dernier de l'établissement public chargé des missions de l'État en matière de sécurité météorologique des personnes et des biens. <p>Sur la base des éléments fournis, le ministre chargé des installations classées pour la protection de l'environnement consulte l'établissement public chargé des missions de l'État en matière de sécurité météorologique des personnes et des biens.</p> <p>La reconnaissance d'une méthode de modélisation et des organismes compétents pour la mettre en œuvre fait l'objet d'une décision du ministre chargé des installations classées pour la protection de l'environnement.</p> <p>4-3. Afin de satisfaire au deuxième alinéa du présent article, l'exploitant implante les aérogénérateurs selon une configuration qui fait l'objet d'un accord écrit de l'autorité militaire compétente concernant le projet d'implantation de l'installation. ».</p>	
--	---	--

**Installations soumises à autorisation
Conformité aux prescriptions de l'arrêté**

Source	Exigences de l'arrêté du 26 août 2011	Réponse aux exigences
Art. 5	Afin de limiter l'impact sanitaire lié aux effets stroboscopiques, lorsqu'un aérogénérateur est implanté à moins de 250 m d'un bâtiment à usage de bureaux, l'exploitant réalise 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.	Le projet éolien des Bruyères se situe dans un environnement rural. Aucun bâtiment à usage de bureaux ne se situe à la distance spécifiée ; la première habitation se situe à plus de 500 m de l'aérogénérateur le plus proche. Une étude de projection d'ombre a cependant été menée dans le cadre de l'étude d'impact du projet et révèle qu'en prenant les hypothèses les plus conservatrices pour les habitations situées au-delà des 500 m, l'impact de projections d'ombres ne dépasse pas la moitié du seuil réglementaire s'appliquant aux bâtiments à usage de bureaux implantés à moins de 250 m des installations.
Art. 6	L'installation est implantée de telle sorte que les habitations ne sont pas exposées à un champ magnétique émanant des aérogénérateurs supérieur à 100 microteslas à 50-60 Hz.	Les éoliennes répondent aux réglementations concernant les ondes électromagnétiques (notamment la directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004). La déclaration de conformité CE délivrée avec les machines fait référence à la norme électromagnétique.
Section 3 Dispositions constructives Art. 7	Le site dispose en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours. Cet accès est entretenu. Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté.	Les voies d'accès aux éoliennes sont étudiées dès le développement du projet. Elles répondent à des spécifications très précises (4,5 à 5 m environ de large en ligne droite et jusqu'à 8 m dans les virages) pour des raisons liées à l'acheminement et à l'assemblage des éoliennes. Les voies d'accès sont conservées telles quelles lors de la phase d'exploitation et sont maintenues en bon état. Un contrat sur le long terme avec un paysagiste assure également une gestion appropriée de la végétation (entretien des abords, des voies d'accès...).
Art. 8	L'aérogénérateur est conforme aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou IEC 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne, à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté. L'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée. En outre, l'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R.111-38 du Code de la construction et de l'habitation.	Les éoliennes prévues pour le projet des Bruyères sont conformes à la norme EN 61 400-1 citée. Les certificats de conformité délivrés par les constructeurs de machines attestent de la conformité avec ladite norme. De plus, un contrôle technique de construction, obligatoire, est organisé par le maître d'ouvrage (BORALEX). Il est effectué par un organisme agréé par l'État. Le rapport est archivé par le maître d'ouvrage et peut être mis à disposition des inspecteurs des installations classées.

Installations soumises à autorisation

Conformité aux prescriptions de l'arrêté

Source	Exigences de l'arrêté du 26 août 2011	Réponse aux exigences
Art. 9	<p>L'installation est mise à la terre. Les aérogénérateurs respectent les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.</p> <p>Les opérations de maintenance incluent un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.</p>	<p>Chaque éolienne est reliée à la terre. La protection foudre de l'éolienne répond à la norme IEC 61 400-24.</p> <p>Un contrôle visuel des pales est prévu dans les opérations de maintenance.</p> <p>De même, les dispositifs parafoudre sont contrôlés visuellement selon une fréquence semestrielle (conducteurs électriques des pales, cartes comptage impacts, conducteurs électriques tour...)</p> <p>L'ensemble des installations extérieures à l'aérogénérateur est aussi contrôlé.</p>
Art. 10	<p>Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables.</p> <p>Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis 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 auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.</p>	<p>Les installations électriques à l'intérieur des éoliennes répondent à la directive machine (certificat de conformité) et sont maintenues en bon état de conformité à travers les opérations de maintenance.</p> <p>Les installations électriques à l'extérieur des éoliennes répondent aux normes citées et sont maintenues en bon état dans le cadre d'un contrat de maintenance électrique par un professionnel du secteur. Les vérifications réglementaires sont réalisées par un organisme agréé par l'État. Les installations électriques sont maintenues selon une fréquence semestrielle. Un contrôle thermographique a lieu chaque année.</p>
Art. 11	<p>Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L.6351-6 et L.6352-1 du Code des transports et des articles R.243-1 et R.244-1 du Code de l'aviation civile.</p>	<p>Les éoliennes répondent à la réglementation en vigueur en matière de balisage aéronautique. De plus, la connaissance d'une panne de balisage est automatiquement signalée à la direction de la sécurité de l'aviation civile.</p>

**Installations soumises à autorisation
Conformité aux prescriptions de l'arrêté**

Source	Exigences de l'arrêté du 26 août 2011	Réponse aux exigences
Section 4 Exploitation Art. 12	<p>Au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, l'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs.</p> <p>Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole.</p> <p>Ce suivi est tenu à disposition de l'inspection des installations classées.</p>	<p>BORALEX pratique d'ores et déjà un suivi de mortalité et une protection de l'avifaune sur ses parcs en exploitation.</p> <p>Un suivi de mortalité et d'activité sera effectué par les organismes locaux compétents (bureau d'études naturalistes), conformément à l'arrêté et selon le protocole alors reconnu par le ministre chargé des installations classées.</p>
Art. 13	<p>Les personnes étrangères à l'installation n'ont pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs.</p> <p>Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont maintenus fermés à clé afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.</p>	<p>Les éoliennes et le poste de livraison sont fermés à clé.</p> <p>Si nécessaire, il est possible d'installer des capteurs permettant de détecter les intrusions à distance.</p>
Art. 14	<p>Les prescriptions à observer par les tiers sont affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ; • l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ; • la mise en garde face aux risques d'électrocution ; • la mise en garde, le cas échéant, face au risque de chute de glace. 	<p>Des panneaux d'avertissement sont mis en place sur les chemins d'accès de chaque aérogénérateur, à l'entrée de chaque plate-forme d'éolienne. Ils indiquent entre autres le risque de projection de glace, le risque électrique, l'interdiction de pénétrer sauf aux ayants-droit et l'obligation de port du casque [voir exemple Figure 14].</p> <p>Des panneaux sont placardés sur les portes d'entrée des éoliennes et du poste de livraison. Ces panneaux indiquent entre autres l'interdiction de pénétrer à toute personne non autorisée et non habilitée, la mise en garde contre le risque d'électrocution, ainsi que les procédures ou mesures à adopter [voir Figures 15].</p>

Installations soumises à autorisation Conformité aux prescriptions de l'arrêté		
Source	Exigences de l'arrêté du 26 août 2011	Réponse aux exigences
Art. 15	<p>Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalise des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprennent :</p> <ul style="list-style-type: none"> • un arrêt ; • un arrêt d'urgence ; • un arrêt depuis un régime de survitesse ou une simulation de ce régime. <p>Suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalise une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.</p>	<p>Les essais de mise en service sont intégrés dans les procédures de mise en service des parcs.</p> <p>Lors de la phase d'exploitation, les essais sont intégrés dans les protocoles de maintenance. Les essais sont conformes aux essais demandés (type d'essai et fréquence).</p> <p>La traçabilité des essais réalisés est assurée par l'exploitant (BORALEX).</p>
Art. 16	<p>L'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit.</p>	<p>La propreté des machines fait partie intégrante des opérations de maintenance. Tout entreposage est interdit dans les machines.</p> <p>Ces règles sont écrites dans le plan de prévention réalisé avec le prestataire responsable de la maintenance.</p>
Art. 17	<p>Le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.</p>	<p>L'ensemble des intervenants (personnel BORALEX et sous-traitants) est compétent et formé conformément à la réglementation et aux analyses de risques santé & sécurité (habilitation électrique, travail en hauteur, secouriste au travail, extincteurs...).</p> <p>Les prescriptions de sécurité sont rappelées dans le plan de prévention. Les procédures d'urgence sont communiquées à tous les intervenants à travers le plan de prévention et le plan d'urgence en place pour le parc. La fonction de chaque employé est conditionnée par la nature des formations reçues. Ces formations font l'objet de remises à niveau régulières. Le personnel amené à intervenir sur les éoliennes et les postes de livraison aura notamment des habilitations conformes à la norme française UTE C 18-510 (recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique) et une formation à l'utilisation des extincteurs en cas d'incendie lui sera dispensée ainsi qu'une formation « Sauveteur Secouriste du Travail (SST) ». De plus, des exercices d'entraînement sont organisés régulièrement avec les services de secours [voir Figure 16]</p>
Art. 18	<p>Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixation, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.</p> <p>Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité.</p> <p>Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.</p>	<p>Ces contrôles sont intégrés dans le cadre des procédures de mise en service et de maintenance.</p> <p>Tous les mainteneurs ont intégré les prescriptions demandées pour les contrôles. La traçabilité des contrôles réalisés est assurée par l'exploitant et tenue à disposition des inspecteurs des installations classées.</p> <p>Les systèmes instrumentés de sécurité (fonctions de sécurité) font partie des protocoles de contrôle. Ces systèmes sont notamment définis dans la norme 61 - 400 de conception des aérogénérateurs.</p>

**Installations soumises à autorisation
Conformité aux prescriptions de l'arrêté**

Source	Exigences de l'arrêté du 26 août 2011	Réponse aux exigences
Art. 19	L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. L'exploitant tient à jour pour chaque installation un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.	L'exploitant dispose du manuel d'entretien des installations, incluant le protocole de maintenance. Tout au long de la vie du parc, l'exploitant enregistre et suit toutes les opérations de maintenance ou d'entretien sur chaque machine. Un registre spécifique est mis en place par l'exploitant et permet le suivi des actions.
Art. 20	L'exploitant élimine ou fait éliminer les déchets produits dans des conditions propres à garantir les intérêts mentionnés à l'article L.511-1 du Code de l'environnement. Il s'assure que les installations utilisées pour cette élimination sont régulièrement autorisées à cet effet. Le brûlage des déchets à l'air libre est interdit.	Les déchets sont valorisés et/ou éliminés en respectant la réglementation. Dans la majorité des cas, l'exploitant sous-traite la gestion des déchets au mainteneur qui se charge de leur élimination. L'exploitant s'assure de la bonne application de la réglementation par le mainteneur (ex. visites/audits de centres de maintenance) et maintient les registres tels qu'exigés par la réglementation.
Art. 21	Les déchets non dangereux (par exemple bois, papier, verre, textile, plastique, caoutchouc) et non souillés par des produits toxiques ou polluants sont récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées. Les seuls modes d'élimination autorisés pour les déchets d'emballage sont la valorisation par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir des matériaux utilisables ou de l'énergie. Cette disposition n'est pas applicable aux détenteurs de déchets d'emballage qui en produisent un volume hebdomadaire inférieur à 1 100 litres et qui les remettent au service de collecte et de traitement des collectivités.	Les déchets non dangereux sont valorisés et/ou éliminés par les prestataires agréés. Les déchets d'emballage produits sur les parcs d'éoliennes sont faibles (volume très inférieur au volume cité).

**Installations soumises à autorisation
Conformité aux prescriptions de l'arrêté**

Source	Exigences de l'arrêté du 26 août 2011	Réponse aux exigences									
<p>Section 5 Risques Art. 22</p>	<p>Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiquent :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>Les consignes de sécurité indiquent également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité dans les situations suivantes : survitesse, conditions de gel, orages, tremblements de terre, haubans rompus ou relâchés, défaillance des freins, balourd du rotor, fixations détendues, défauts de lubrification, tempêtes de sable, incendie ou inondation.</p>	<p>Les consignes de sécurité sont intégrées dans le manuel d'exploitation et/ou de sécurité.</p>									
<p>Section 6 Bruit Art. 26</p>	<p>L'installation est construite, équipée et exploitée de façon telle que son fonctionnement ne puisse être à l'origine de bruits transmis par voie aérienne ou solide susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage. Les émissions sonores émises par l'installation ne sont pas à l'origine, dans les zones à émergence réglementée, d'une émergence supérieure aux valeurs admissibles définies dans le tableau suivant :</p> <table border="1" data-bbox="371 746 1225 1114"> <thead> <tr> <th data-bbox="371 746 613 890">NIVEAU DE BRUIT AMBIANT EXISTANT</th> <th data-bbox="622 746 913 890">ÉMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PÉRIODE</th> <th data-bbox="922 746 1225 890">ÉMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PÉRIODE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="371 896 613 1086">dans les zones à émergence réglementée incluant le bruit de l'installation</td> <td data-bbox="622 896 913 1086">allant de 7 heures à 22 heures</td> <td data-bbox="922 896 1225 1086">allant de 22 heures à 7 heures</td> </tr> <tr> <td data-bbox="371 1093 613 1114">Sup. à 35 dB (A)</td> <td data-bbox="622 1093 913 1114">5 dB (A)</td> <td data-bbox="922 1093 1225 1114">3 dB (A)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Les valeurs d'émergence mentionnées ci-dessus peuvent être augmentées d'un terme correctif en dB (A), fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit de l'installation égal à :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 pour une durée supérieure à vingt minutes et inférieure ou égale à deux heures ; • 2 pour une durée supérieure à deux heures et inférieure ou égale à quatre heures ; • 1 pour une durée supérieure à quatre heures et inférieure ou égale à huit heures ; • 0 pour une durée supérieure à huit heures. 	NIVEAU DE BRUIT AMBIANT EXISTANT	ÉMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PÉRIODE	ÉMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PÉRIODE	dans les zones à émergence réglementée incluant le bruit de l'installation	allant de 7 heures à 22 heures	allant de 22 heures à 7 heures	Sup. à 35 dB (A)	5 dB (A)	3 dB (A)	<p>Dès les premières phases du développement, le respect des niveaux d'émergence dans les zones à émergence réglementée est pris en compte. Le choix d'une implantation éloignée de ces zones réglementées permet de diminuer les risques de dépassement des émergences sonores.</p> <p>Dans tous les cas, une étude préalable est réalisée lors de la conception du parc. Cette étude permet d'estimer les niveaux d'émergence sonore attendus dans les zones à émergence réglementée et de prévoir le niveau de bridage envisageable afin de se mettre en conformité avec la réglementation.</p> <p>À la mise en service du parc, une campagne de mesure sonore est réalisée par un expert acoustique indépendant afin de prendre, le cas échéant, les dispositions nécessaires.</p> <p>Chaque campagne de mesure sonore est réalisée en respectant le projet de norme NFS 31-114.</p>
NIVEAU DE BRUIT AMBIANT EXISTANT	ÉMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PÉRIODE	ÉMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PÉRIODE									
dans les zones à émergence réglementée incluant le bruit de l'installation	allant de 7 heures à 22 heures	allant de 22 heures à 7 heures									
Sup. à 35 dB (A)	5 dB (A)	3 dB (A)									

**Installations soumises à autorisation
Conformité aux prescriptions de l'arrêté**

Source	Exigences de l'arrêté du 26 août 2011	Réponse aux exigences
<p>Section 6 Bruit Art. 26 (suite)</p>	<p>En outre, le niveau de bruit maximal est fixé à 70 dB (A) pour la période jour et 60 dB (A) pour la période nuit. Ce niveau de bruit est mesuré en n'importe quel point du périmètre de mesure du bruit défini à l'article 2. Lorsqu'une zone à émergence réglementée se situe à l'intérieur du périmètre de mesure du bruit, le niveau de bruit maximal est alors contrôlé pour chaque aérogénérateur de l'installation à la distance R définie à l'article 2. Cette disposition n'est pas applicable si le bruit résiduel pour la période considérée est supérieur à cette limite.</p> <p>Dans le cas où le bruit particulier de l'établissement est à tonalité marquée au sens du point 1.9 de l'annexe à l'arrêté du 23 janvier 1997 susvisé, de manière établie ou cyclique, sa durée d'apparition ne peut excéder 30 % de la durée de fonctionnement de l'établissement dans chacune des périodes diurne ou nocturne définies dans le tableau ci-dessus.</p> <p>Lorsque plusieurs installations classées, soumises à autorisation au titre de rubriques différentes, sont exploitées par un même exploitant sur un même site, le niveau de bruit global émis par ces installations respecte les valeurs limites ci-dessus</p>	<p>Les mesures, les modélisations acoustiques et les éventuels plans de fonctionnement prennent en considération les niveaux de bruit ambiant existant lorsque le parc éolien est à l'arrêt. Les niveaux d'émergence admissibles sont quant à eux évalués lorsque le parc est en fonctionnement.</p> <p>L'étude acoustique fournie en annexe de l'étude d'impact présente les résultats des simulations. Elle considère plusieurs régimes de vent et plus d'une dizaine de points d'écoute. Pour les cas où les simulations révèlent un risque de dépassement, un plan de fonctionnement a été proposé afin de respecter les niveaux d'émergences réglementaires.</p>
<p>Art. 27</p>	<p>Les véhicules de transport, les matériels de manutention et les engins de chantier utilisés à l'intérieur de l'installation sont conformes aux dispositions en vigueur en matière de limitation de leurs émissions sonores. En particulier, les engins de chantier sont conformes à un type homologué.</p> <p>L'usage de tout appareil de communication par voie acoustique (par exemple sirènes, avertisseurs, haut-parleurs), gênant pour le voisinage, est interdit, sauf si leur emploi est exceptionnel et réservé à la prévention et au signalement d'incidents graves ou d'accidents.</p>	<p>Les véhicules de transport, les engins de chantier et les matériels de manutention mobiles ne sont utilisés que très exceptionnellement durant la phase d'exploitation. Lorsque le cas se présente, ces engins sont conformes aux dispositions en vigueur.</p> <p>L'exploitant BORALEX n'utilise pas d'appareils de communication par voie acoustique de type sirènes ou haut-parleurs dans le cadre de son exploitation.</p>
<p>Art. 28</p>	<p>Lorsque des mesures sont effectuées pour vérifier le respect des présentes dispositions, elles sont effectuées selon les dispositions de la norme NF 31-114 dans sa version en vigueur six mois après la publication du présent arrêté ou à défaut selon les dispositions de la norme NFS 31-114 dans sa version de juillet 2011.</p>	<p>Chaque campagne de mesure sonore est réalisée selon les dispositions de la norme NFS 31-114 dans sa version dernière version en vigueur.</p>

Source : BORALEX

Figure 14 - Exemples de panneaux d'avertissement à l'entrée des plateformes des éoliennes



Source : BORALEX

Figure 15 - Panneaux d'avertissement sur les portes des aérogénérateurs et du poste de livraison



Source : BORALEX

Figure 16 - Formation d'évacuation et de sauvetage à personne sur site pour le personnel BORALEX



Source : BORALEX

5.2.2.2 Principales normes et certifications applicables

- Les éoliennes installées sur le site seront conformes à la norme IEC 61400-1 relative à la conception des aérogénérateurs.
- La conception, la construction, le montage, les essais et l'utilisation des installations électriques seront conformes aux prescriptions des normes NF C 15-100 (version compilée de 2008) « installations électriques basse tension », NF C 13-100 (version 2001) et NFC 13-200 (version de 2009) « installations haute tension ».
- Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L.6351-6 et L.6352-1 du Code des transports et des articles R.243-1 et R.244-1 du Code de l'aviation civile (article 11).
- Le balisage sera conforme aux dispositions prises en application des articles L.6351-6 et L.6352-1 du Code des Transports et des articles R.243-1 et R.244-1 du Code de l'aviation civile à savoir :
 - pour le balisage diurne, les éoliennes seront équipées d'un feu à éclats blancs de moyenne intensité type A (20 000 cd) (modèle : SERA-N 3038 ou équivalent) qui dispose de l'agrément STNA n° 2002A016 ;
 - pour le balisage nocturne, toutes les éoliennes disposeront d'un feu à éclats rouges de moyenne intensité type B (2000 cd) (modèle : TWE-MB70-IC2000.rot ou équivalent) qui dispose de l'agrément STAC n°2007A015.
- Les mesures sonores sont réalisées selon la norme NF 31-114 dans sa version de juillet 2011.
- Les dispositifs de mise à la terre des aérogénérateurs respectent la norme IEC 61 400-24 (version juin 2010).

5.2.2.3 Description sommaire de l'organisation des services secours en cas d'accident

Le personnel d'exploitation sera chargé de réagir à toute anomalie en vérifiant l'origine puis, le cas échéant, en mettant en œuvre les premiers moyens de lutte.

Une sensibilisation sur la conduite à tenir en cas d'urgence est portée à l'ensemble du personnel. Il existe des procédures d'intervention en cas d'incident sur le site. Ces procédures sont présentées en détail dans le « document explicatif de l'exploitation et de la maintenance » annexé à l'étude de dangers.

En cas de sinistre, les procédures d'intervention mises en œuvre sont coordonnées selon les axes suivants :

- mise en place des premiers moyens de lutte destinés à réduire le développement du sinistre (incendie, pollution, etc.) ;
- appel des moyens de secours extérieurs (pompiers, gendarmerie, GDF, etc.) ;
- évacuation rapide des intervenants si nécessaire ;
- information de la hiérarchie ;
- le cas échéant un kit de premier secours est disponible dans les véhicules des intervenants.

Moyens humains et matériel de lutte contre l'incendie :

- en cas d'incendie, plusieurs équipements sont disponibles sur le site. Il s'agit d'extincteurs adaptés au feu d'origine électrique, extincteurs installés près du transformateur, dans la nacelle de chaque éolienne et au niveau du poste de livraison ;
- les salariés en charge de la maintenance sont formés à l'utilisation de ce matériel. Ils peuvent donc intervenir rapidement en cas de besoin, s'ils sont présents sur le site ;

- en cas de déclenchement d'un incendie en l'absence de salariés sur site, les dispositifs de détection présents dans les installations permettent la transmission de l'alerte au poste de surveillance. Les salariés en astreinte suivent alors la procédure en cas d'incendie.

Moyens humains et matériel de lutte contre les pollutions :

- en cas de déversement de produits chimiques à l'intérieur des éoliennes et du poste de livraison, les salariés formés aux interventions d'urgence interviennent en utilisant des produits absorbants. Une fois contaminés, ces produits absorbants sont éliminés par des filières agréées. À l'extérieur des aérogénérateurs, la même procédure d'intervention est appliquée ;
- le personnel chargé de cette intervention porte des équipements de protection adéquats, comme stipulé dans les fiches de données de sécurité des produits concernés ;
- en cas de constat de déversement accidentel à l'extérieur des éoliennes ou du poste de livraison, les matériaux souillés sont immédiatement enlevés et évacués par une entreprise agréée qui en assurera le traitement ou le stockage.

Moyens publics :

- les coordonnées des organismes de sécurité publics ou privés auxquels il pourra être fait appel en cas d'accident sont recensés dans le plan d'urgence du parc éolien disponible pour tous les intervenants (sapeurs-pompiers, SAMU, centre hospitalier, etc.) ;
- en outre, en cas de sinistre, les services de secours seront alertés par téléphone (112) ;
- afin de faciliter l'intervention des services de secours, BORALEX leur transmet systématiquement toutes les informations nécessaires, notamment les coordonnées GPS des éoliennes. BORALEX favorise dès le début du projet le contact avec les services de secours. Dans ce cadre, elle organise régulièrement des visites des parcs éoliens, des exercices de manœuvre avec les services de secours (SDIS, GRIMP) ;
- le centre de secours principal le plus proche est celui de Guéret situé à une quinzaine de minutes du site ;
- le maintien des chemins d'accès aux éoliennes permettra un accès aisé aux services de secours en cas de besoin et le site du parc éolien est accessible par les routes départementales.

Conclusion sur les méthodes et les moyens d'intervention en cas d'accident :

- des systèmes de détection sont intégrés aux éoliennes afin de déceler toute anomalie. Ils permettent d'alerter le poste de contrôle à distance et, le cas échéant, d'avertir les secours ;
- le personnel présent sur le site notamment pour la maintenance, est formé à l'intervention en cas d'accident et dispose des moyens nécessaires (procédures, extincteurs, kit de premier secours...) ;
- les dangers et potentiels de dangers associés seront donc appréhendés par les salariés ainsi que les méthodes et moyens d'intervention en cas d'incident ou d'accident ;
- les mesures de détection prévues et la rapidité de la chaîne d'alerte associée permettront une détection des éventuels sinistres suivie d'une intervention des secours rapide et efficace.

5.2.3 OPÉRATION DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

Le tableau précédent (paragraphe 5.2.1) permet de justifier en quoi le parc éolien des Bruyères est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 en matière d'exploitation.

5.2.3.1 Opérations de maintenance prévues par l'exploitant

Les opérations de maintenance préventive sont régulièrement menées et permettent à BORALEX de maintenir à tout instant la sécurité et la fiabilité de ses installations. Une base de maintenance BORALEX basée à Gannat (03) assurera ces opérations. Le délai d'intervention pour parvenir au parc éolien des Bruyères est d'environ 1h30 depuis Gannat (03).

Outre les opérations imposées par l'arrêté du 26 août 2011, il est de l'intérêt de BORALEX ainsi que des sociétés fabricantes d'éoliennes assurant la maintenance de s'imposer un niveau d'entretien et de maintenance permettant d'éviter les pannes et incidents mineurs affectant la production d'électricité.

Les opérations de maintenance préventive et corrective sont réalisées selon les recommandations et les procédures établies par le constructeur. Ces opérations sont consignées dans un manuel d'entretien spécifique à chaque éolienne.

Les phases de maintenance nécessitant des interventions lourdes répondront aux obligations réglementaires s'appliquant pour le chantier de construction ; en particulier, un Plan Particulier en matière de Sécurité et de Protection de la Santé est établi et mis en œuvre.

Le Tableau 12 précise la nature et la fréquence des opérations de contrôle et de maintenance effectuées sur les équipements d'éoliennes durant l'exploitation.

5.2.3.2 Fréquence des opérations de maintenance

L'ensemble du parc est soumis à des opérations de maintenance régulières, permettant de contrôler l'état et le fonctionnement de l'ensemble des organes de fonctionnement.

Suite à la mise en service du parc, à 500 heures ou 3 mois de fonctionnement (selon constructeur), une maintenance est mise en œuvre pour contrôler le comportement du matériel dans les premiers temps de son exploitation.

Pendant l'exploitation du parc, des interventions régulières de maintenance préventive ont lieu tous les 6 mois pour les aérogénérateurs, tous les ans pour les postes de livraison.

5.2.3.3 Opérations de maintenance préventive

Suite à la mise en service du parc, des opérations de maintenance à 500 heures ou 3 mois (selon constructeur) sont menées afin de contrôler le comportement du matériel dans les premiers temps de son exploitation, pendant les premiers mois de « rodage ». Durant ces opérations, les techniciens d'exploitation effectuent entre autres des vérifications des couples de serrage lorsque le matériel a commencé à travailler, des contrôles des niveaux huiles et des contrôles de l'état des pales.

Par la suite, en plus des opérations de contrôle visuel effectuées spontanément par les personnels de BORALEX venant sur site, des interventions de maintenance préventive régulières et programmées ont lieu chaque semestre sur chaque aérogénérateur de l'installation et tous les ans pour les postes de livraison.

Cette maintenance semestrielle des aérogénérateurs comprend :

- le contrôle général de l'état de l'équipement (rotor, pales, mât, base...)
- le contrôle de l'ensemble des roulements ;

- la pratique de tests de fonctionnement des systèmes de régulation et de contrôle tel que le calage des pales et l'analyse de l'état des consommables comme l'huile du multiplicateur par la prise d'un échantillon pour analyse chimique;
- l'inspection du système de refroidissement (ventilateur, filtre...);
- l'inspection du freinage d'urgence (état disque, plaquettes...);
- l'inspection de l'ensemble du système hydraulique.

La maintenance annuelle des aérogénérateurs comprend, en plus des opérations semestrielles systématiques :

- l'inspection des organes électriques (transformateurs...).
- les maintenances préventives plus conséquentes qui ont lieu au cours de la vie du parc. Par exemple, le remplacement de l'huile du multiplicateur ou d'autres organes importants.

La maintenance annuelle du poste de livraison permet le contrôle par une entreprise spécialisée de l'état de l'ensemble des organes électriques en tension. Cette intervention est couplée à un contrôle électrique réglementaire effectué par une société agréée. Il s'agit entre autres de vérifier les connexions de mise à la terre, des neutres et de l'état des connexions.

5.2.3.4 Opérations de maintenance corrective

Lorsque des incidents surviennent sur les équipements, les prestataires assurant le service des machines peuvent intervenir rapidement grâce à leurs centres techniques de proximité dont les multiples implantations permettent de couvrir l'ensemble du territoire français. Un technicien en charge de la maintenance intervient au plus vite afin de déceler la nature exacte de la panne et d'établir le bon diagnostic pour y remédier. En fonction de ce dernier, et si la défaillance constatée peut nuire à l'intégrité de l'installation ou à celle de son environnement, l'équipement peut être arrêté et mis en sécurité dans l'attente d'une réparation prochaine. Dans le cas contraire, le technicien et BORALEX procèdent, après notification de l'incident, au redémarrage de l'aérogénérateur.

5.2.3.5 Contrôles réglementaires

Des opérations de contrôles réglementaires sont prévues selon les fréquences définies par la réglementation avec un organisme agréé afin de s'assurer que les équipements sont en mesure d'assurer leurs fonctions.

Les éléments contrôlés sont, par exemple, les ascenseurs, les lignes de vie, les palans, les équipements sous pression.

Tableau 12 - Opérations de maintenance prévues sur le parc éolien des Bruyères

Équipement	Localisation	Opération	Fréquence	Article ICPE 2980 ou précaution particulière
Enveloppe	Ensemble de l'installation	Contrôle de l'état général (absence de corrosion, de choc...)	Semestrielle	Article 18
Fixations	Ensemble de l'installation	Contrôle de serrage (roulements, fixations...)	Semestrielle	Article 18
Rotor	Pales + moyeu	Contrôle visuel de l'état général (absence de choc, de fissure...)	Semestrielle/Annuelle	Contrôle de l'état des pales pour éviter la chute ou projection de débris
Pales + tour	Ensemble de l'installation	Contrôle électrique (protection contre la foudre)	Semestrielle	Article 9
Multiplicateur	Nacelle	Contrôle mécanique (notamment l'absence de fuite)	Semestrielle	Éviter les pollutions
		Contrôle hydraulique (état et quantité du fluide hydraulique)	Semestrielle	Éviter les pollutions
		Remplacement de l'huile	Selon le résultat de l'analyse d'huile	Précaution particulière à prendre pour le remplacement de l'huile
		Contrôle de refroidissement (AIR - HUILE)	Semestrielle	Éviter les pollutions
		Contrôle de refroidissement (refroidissement liquide)	Semestrielle	Éviter les pollutions
		Contrôle de mise à la terre	Semestrielle	Article 9
Génératrice	Nacelle	Contrôle de mise à la terre	Semestrielle	Article 9
Armoires électriques	Ensemble de l'installation	Contrôle de mise à la terre	Semestrielle	Article 9
Protections électriques	Ensemble de l'installation	Contrôle du fonctionnement	Semestrielle	Article 10
Arrêt d'urgence	Ensemble de l'installation	Contrôle du fonctionnement	Semestrielle	Article 15 + Article 18
Capteurs de survitesse	Rotor, génératrice	Contrôle du fonctionnement	Semestrielle	Article 15 + Article 18 + Article 23
Extincteurs	1 dans la nacelle et 1 dans le pied de la tour	Contrôle réglementaire	Annuelle (par un organisme agréé)	Article 24
Système de détection de glace	Ensemble de l'installation	Contrôle	Vestas, POMA, SENVION Annuelle et vérification visuelle à chaque maintenance des pales	Article 25

Équipement	Localisation	Opération	Fréquence	Article ICPE 2980 ou précaution particulière
Frein d'urgence multiplicateur	Nacelle	Contrôle de l'état	Semestrielle	Article 15
Frein d'urgence orientation	Nacelle	Contrôle de l'état	Semestrielle	Article 15
Chemins d'accès	Chemins	Contrôle état et entretiens (tonte, déneigement, réparation, etc.)	Pluriannuelle	Article 7
Ascenseurs	Tour	Contrôle réglementaire	Semestrielle	Réglementation
Palan	Nacelle	Contrôle réglementaire	Annuelle	Réglementation
Équipement sous pression (hydraulique)	Sommet de la tour (frein azimut) et nacelle (frein rotor)	Contrôle réglementaire	40 mois	Réglementation

Source : BORALEX

5.2.4 STOCKAGE DE FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes du parc des Bruyères.

5.3 FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX DE L'INSTALLATION

5.3.1 TRACÉS DES CÂBLES

Étant donné le contexte bocager du projet, le réseau interéolien suit les chemins d'accès afin de réduire au maximum les surfaces devant être défrichées. Ce principe de conception permet à la fois de réduire l'impact du projet sur l'environnement et les coûts de construction. Dans un second temps, le raccordement a été conçu afin d'atténuer les pertes en ligne.

5.3.2 CARACTÉRISTIQUES DES LIAISONS SOUTERRAINES

Les liaisons souterraines interéoliennes sont assurées au moyen de câbles électriques en aluminium. Quel que soit l'aérogénérateur envisagé, le niveau de tension du courant parcourant ces câbles est de 20 000 volts.

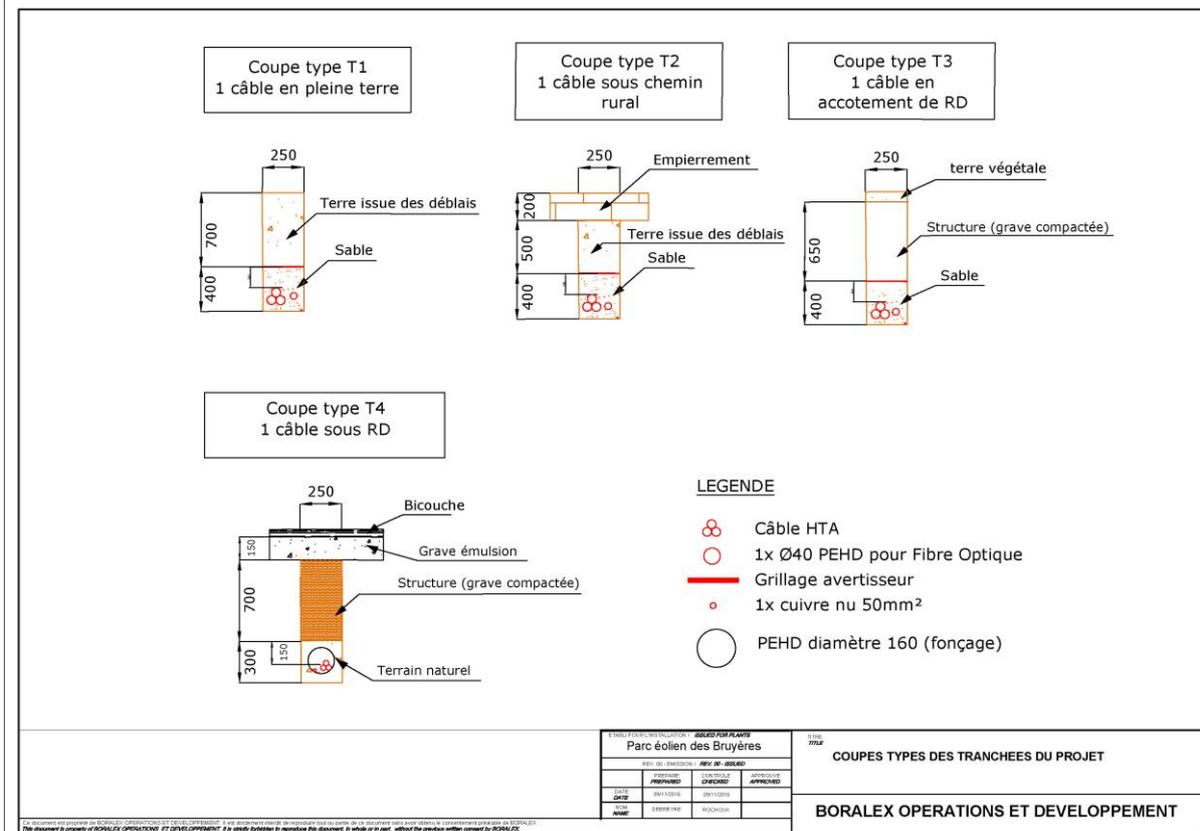
Les éoliennes E02, E03, E04 et E05 sont reliées entre elles et l'éolienne E02 est connectée au poste de livraison. L'éolienne E01 est directement connectée au poste de livraison.

Les réseaux de fibre optique reliant entre elles les éoliennes et permettant la télésurveillance et le contrôle des installations sont enfouis dans les mêmes tranchées et aux mêmes profondeurs que les câbles électriques.

Tous les câbles sont enterrés dans une tranchée d'environ 25 cm de large, à une profondeur minimale de 0.8 m. Un grillage avertisseur est placé à environ 20 cm au-dessus des câbles.

La longueur totale du réseau de câblage interne au projet sera de 2 837 m environ.

Figure 17 - Schéma d'enfouissement des câbles du réseau inter-éolien

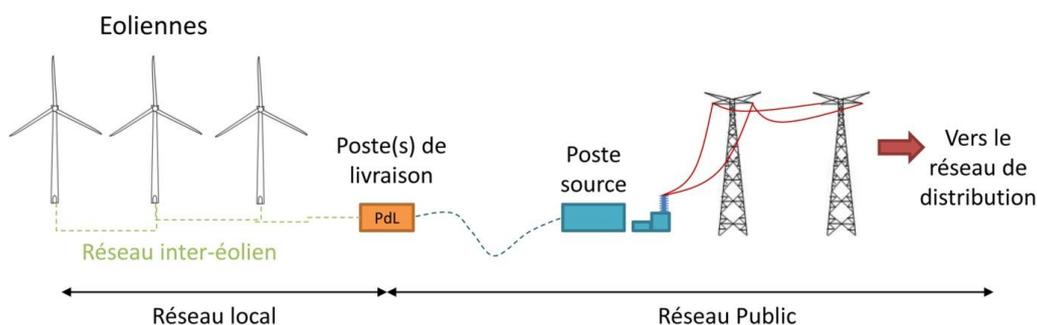


Source :

Boralex

5.3.3 RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE

Figure 18 - Raccordement électrique des installations



Source : Guide technique INERIS

5.3.3.1 Schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables (S3RENr)

Définis par le décret n° 2012-533 du 20 avril 2012, ces schémas sont basés sur les objectifs fixés par les SRCAE et doivent être élaborés par RTE en accord avec les gestionnaires des réseaux publics de distribution d'électricité concernés dans un délai de 6 mois suivant l'approbation des SRCAE. Ils comportent essentiellement :

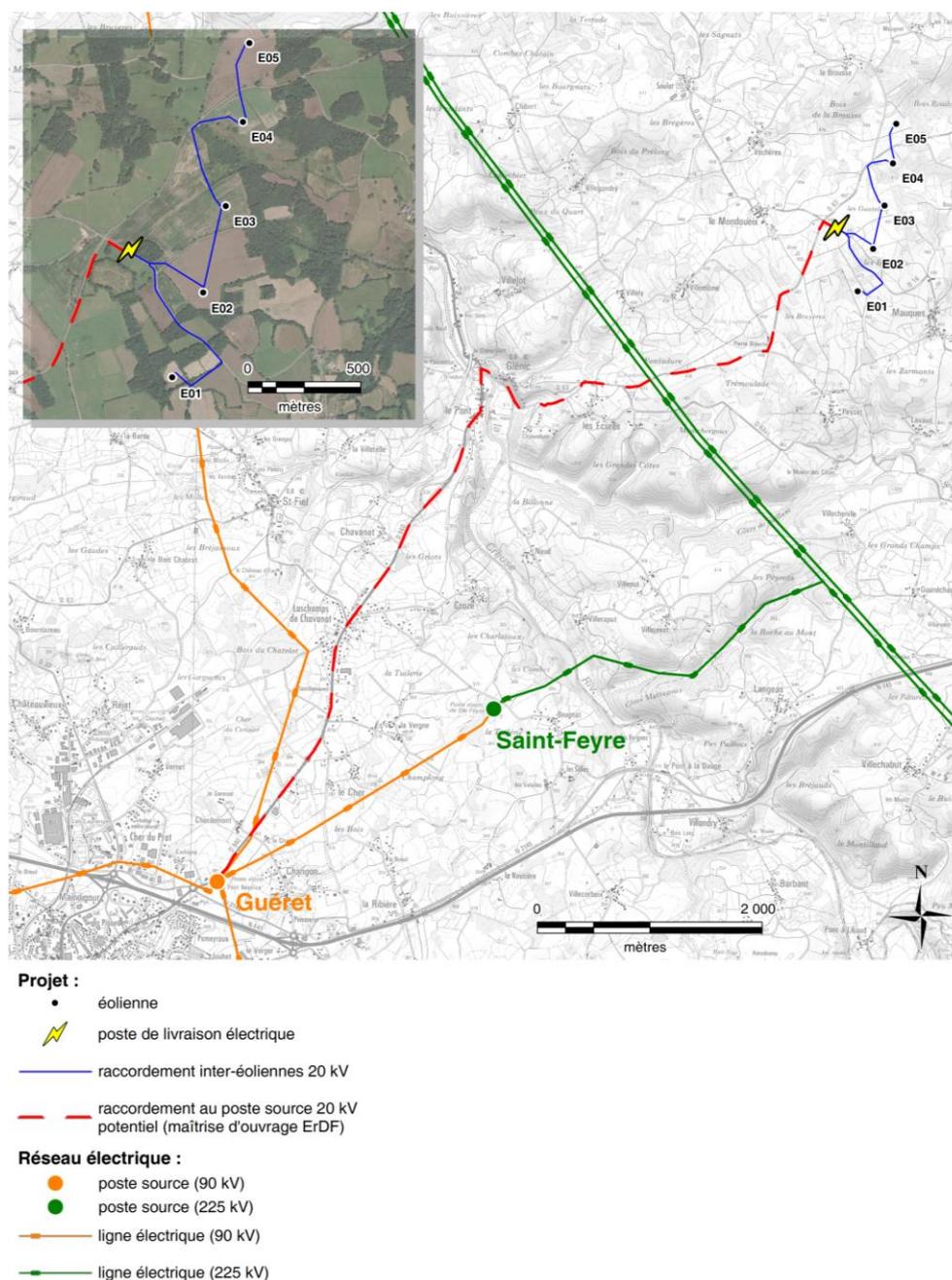
- Les travaux de développement (détaillés par ouvrages) nécessaires à l'atteinte de ces objectifs, en distinguant création et renforcement ;
- La capacité d'accueil globale du S3RENr, ainsi que la capacité d'accueil par poste ;
- Le coût prévisionnel des ouvrages à créer (détaillé par ouvrage) ;
- Le calendrier prévisionnel des études à réaliser et procédures à suivre pour la réalisation des travaux.

Le raccordement au réseau électrique public est de la compétence de son gestionnaire, qui définira le poste adéquat pour son raccordement.

Plusieurs postes à proximité du projet permettront d'évacuer l'électricité produite par le parc éolien.

Un schéma de raccordement au réseau électrique des énergies renouvelables (S3RENr) a été validé par le préfet de région Limousin le 10 décembre 2014. Il permet de planifier les raccordements électriques des projets identifiés dans les objectifs du SRCAE à l'horizon 2020.

Carte représentant les capacités réservées au raccordement des EnR et projet éolien :



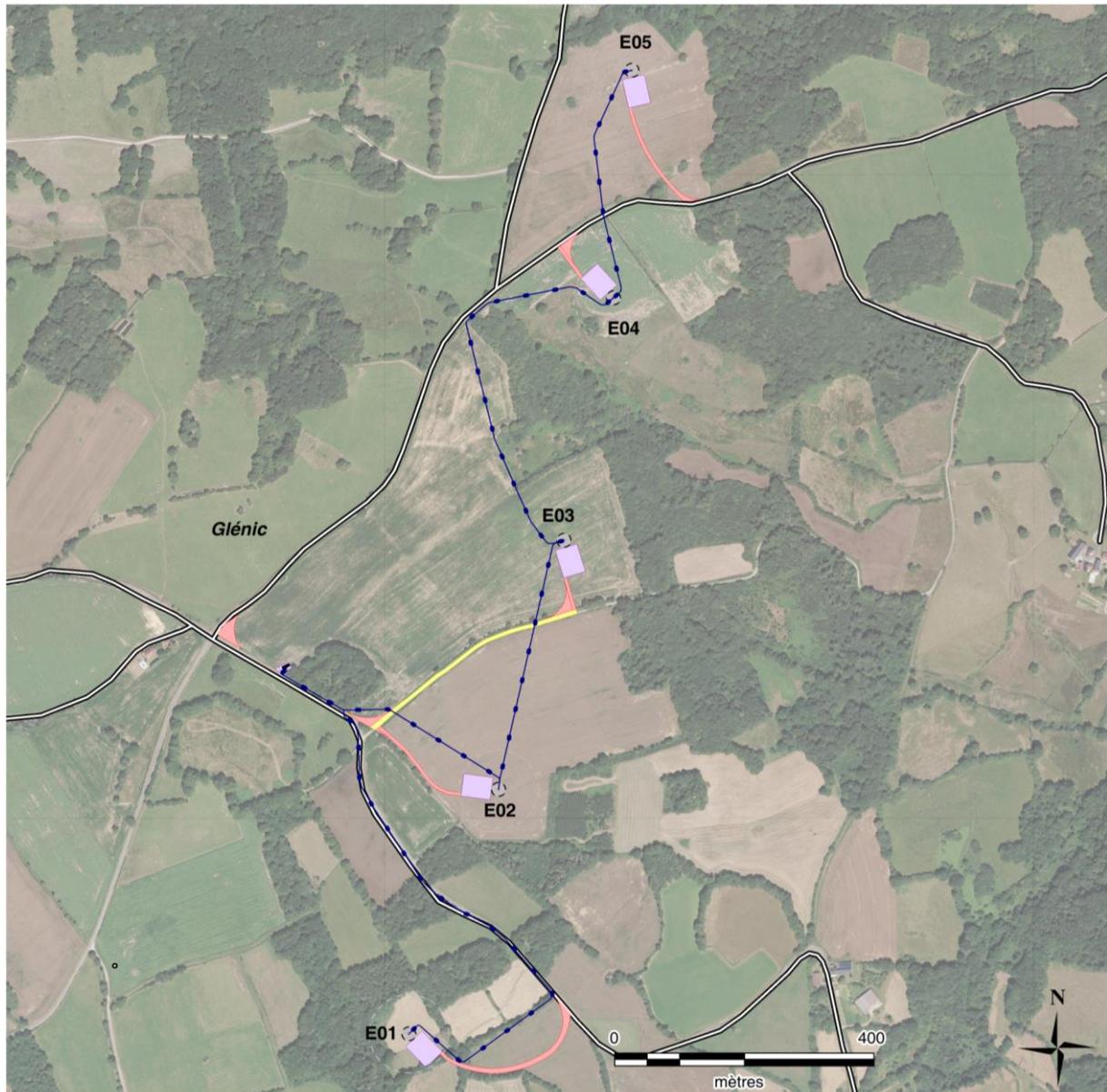
Source : S3REnR Limousin ; BORALEX

Le projet éolien des Bruyères fait partie du recensement des projets potentiels et a donc été pris en compte dans les hypothèses de raccordement nécessaires.

Un point de connexion au réseau électrique national est situé à proximité du site éolien : le poste source de Guéret sis sur la commune du même nom. Ce poste est situé à moins de 10 km du site. Selon le S3REnR, ce poste de transformation électrique a une capacité réservée au raccordement de centrales de production d'énergies renouvelables de 16 MW. **Ces capacités de raccordement sont suffisantes au besoin du projet éolien.**

La carte ci-après présente le raccordement inter-éolien du projet des Bruyères :

Carte 24 Raccordement inter-éolien du projet éolien des Bruyères



Projet :

- éolienne (virole)
- survol des pales
- fondation
- aire de levage
- aménagement d'accès à créer
- chemin d'accès existant à renforcer
- accès existant
- poste de livraison électrique
- réseau enterré inter-éolien

Sources: © IGN – BD ORTHO®; BORALEX

5.3.4 AUTRES RÉSEAUX

Le parc éolien des [Bruyères](#) ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne sont reliées à aucun réseau de gaz.

6 Identification des potentiels de dangers de l'installation

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

L'ensemble des causes externes à l'installation pouvant entraîner un phénomène dangereux, qu'elles soient de nature environnementale, humaine ou matérielle, seront traitées dans l'analyse de risques.

6.1 POTENTIEL DE DANGERS LIÉS AUX PRODUITS

L'activité de production d'électricité par les éoliennes consomme peu de matières premières, et peu de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement. Elle génère peu de déchets.

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien des Bruyères sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

- produits nécessaires au bon fonctionnement des installations (graisses et huiles de transmission, huiles hydrauliques pour systèmes de freinage...), qui, une fois usagés, sont traités en tant que déchets industriels spéciaux ;
- produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyeurs...) et déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...).

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011⁴ relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit inflammable ou combustible n'est stocké dans les aérogénérateurs ou le(s) poste(s) de livraison.

6.1.1 INVENTAIRE DES PRODUITS

Les substances ou produits chimiques mis en œuvre dans l'installation sont limités. Les produits présents en phase exploitation peuvent être les suivants (à noter que le type et les quantités de produits peuvent varier selon le type de machine):

- l'huile hydraulique (circuit haute pression) dont la quantité présente varie selon le type de machine (de quelques dizaines de litres à quelques centaines) ;
- l'huile de lubrification du multiplicateur (environ 300 à 400 litres) ;
- l'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), utilisée comme liquide de refroidissement ;
- les graisses pour les roulements et systèmes d'entraînement ;

⁴ [9] Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement

- l'hexafluorure de soufre (SF₆), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique. La quantité présente varie entre 1,5 kg et 2,15 kg suivant le nombre de caissons composant la cellule ;
- d'autres produits peuvent être utilisés lors des phases de maintenance (lubrifiants, décapants, produits de nettoyage...) mais toujours en faible quantité (quelques litres au plus).

La liste des produits chimiques présents dans les installations ou utilisés lors des maintenances est fournie à l'exploitant par le constructeur/mainteneur ainsi que les fiches de données de sécurité associées.

À noter que les transformateurs installés dans les éoliennes sont pour la plupart des transformateurs de type sec qui permettent de limiter le volume d'huile présent dans les machines (Senvion, Vestas), à l'exception de l'éolienne POMA.

6.1.2 DANGERS DES PRODUITS

Selon les principes de prévention, les professionnels de l'éolien recherchent en permanence de nouveaux produits afin de favoriser les produits les moins impactants pour l'environnement. L'exploitant s'assure qu'aucun des produits utilisés ne contient de produits CMR (Cancérigène Mutagène Reprotoxique).

6.1.3 INFLAMMABILITÉ ET COMPORTEMENT VIS-À-VIS DE L'INCENDIE

Les huiles, graisses et l'eau glycolée ne sont pas des produits inflammables. 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. Dans les incendies d'éoliennes, ces produits sont souvent impliqués.

Certains produits de maintenance peuvent être inflammables mais ne sont apportés dans l'éolienne que pour les interventions et sont repris en fin d'opération.

Le SF₆ est pour sa part inflammable.

6.1.4 TOXICITÉ POUR L'HOMME

Ces divers produits ne présentent pas de caractère de toxicité pour l'homme. Ils ne sont pas non plus considérés comme corrosifs.

6.1.5 DANGEROUSITÉ POUR L'ENVIRONNEMENT

Vis-à-vis de l'environnement, le SF₆ possède un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important, mais les quantités présentes sont très limitées (seulement 1 à 2 kg de gaz dans les cellules de protection). De plus, le SF₆ est scellé à vie, limitant les risques d'émission. En fin de vie, les appareils seront confiés à des professionnels et traités selon les filières agréées (recyclage et réutilisation).

Les huiles, 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 au sol ou des eaux :

- en cas de déversement à l'intérieur des éoliennes, les salariés formés aux interventions d'urgence opéreront en utilisant des produits absorbants qui seront, une fois contaminés, éliminés dans des filières agréées ;

- en cas de déversement accidentel à l'extérieur des éoliennes, les matériaux souillés seront immédiatement enlevés et évacués par une entreprise agréée qui en assurera le traitement ou le stockage.

En conclusion, il ressort que les risques liés à la présence ou à l'utilisation des produits chimiques sont très limités lors de l'exploitation des parcs. En cas d'incendie, ils peuvent néanmoins jouer le rôle de combustible. S'ils sont déversés dans l'environnement (principalement l'huile en cas d'incident technique), ils peuvent potentiellement générer un risque de pollution des sols ou des eaux, cependant le risque est limité.

Lors de la mise en service du parc, BORALEX sera en mesure de fournir avec précision la nature, les quantités et les fiches de données de sécurité des produits utilisés pour le bon fonctionnement, l'entretien et la maintenance de son installation.

6.2 POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien des Bruyères sont de cinq types :

- chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;
- projection d'éléments (morceaux de pale, brides de fixation, etc.) ;
- effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- échauffement de pièces mécaniques ;
- courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 13 - Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation

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

Source : Guide technique INERIS

6.3 RÉDUCTION DE POTENTIELS DE DANGERS À LA SOURCE

6.3.1 PRINCIPALES ACTIONS PRÉVENTIVES

BORALEX développe, construit et exploite l'ensemble de ses parcs de production électrique. Les projets de parcs éoliens développés par BORALEX sont le fruit du savoir-faire et de l'expertise acquise par l'ensemble du groupe. Tous les services (Développement, Construction, Exploitation, Ingénierie et Qualité) sont engagés dans un processus d'amélioration continue. Les parcs éoliens développés par BORALEX sont pensés et étudiés sur le long terme ; le but étant toujours de garantir sécurité, fiabilité et durabilité des centrales de production.

En particulier, c'est dans cette démarche que la conception du parc éolien des Bruyères a été réalisée.

En se basant principalement sur son retour d'expérience et sur les données fournies par les constructeurs, BORALEX a orienté ses choix d'implantation et d'aérogénérateurs dans le sens de la réduction des potentiels dangers à la source.

6.3.1.1 Choix de l'emplacement des installations

Le parc éolien des Bruyères et ses zones d'étude sont intégralement situés en zone agricole. De ce fait, les risques d'atteinte aux enjeux potentiels environnants (voies de communication, réseaux publics et privés, bâtiments industriels, zones commerciales, Établissements Recevant du Public, etc.) sont réduits. En effet :

- une distance de recul minimal de 75 m a été prise entre l'installation et les routes départementales avoisinantes (D16 et D63) ;
- une distance de recul suffisante a été prise afin que l'installation et ses aménagements créés dans le cadre du projet ne se trouvent pas à l'intérieur des périmètres de protection immédiats, rapprochés et éloignés ;
- une distance de recul a été prise afin qu'aucun aérogénérateur ou aménagement créé n'interfère avec les périmètres de protection des captages d'eau ;
- le parc éolien des Bruyères est implanté à une distance minimale de 500 m des constructions à usage d'habitation, des immeubles habités ou des zones destinées à l'habitation, conformément aux exigences de l'article 3 de l'arrêté du 26/08/11 ;
- de plus, le parc éolien des Bruyères se situe très largement au-delà de la distance seuil des 300 m avec toute Installation Nucléaire de Base ;
- l'implantation choisie doit permettre de minimiser l'impact sur les habitats de la faune c'est pourquoi les cinq machines se trouvent en dehors des zones à enjeu écologique (zones humides, flore et habitats) ;
- l'implantation choisie permet de composer avec les lignes de force du paysage

6.3.1.2 Choix des caractéristiques des éoliennes

Le parc éolien des Bruyères sera composé de cinq aérogénérateurs modernes, sûrs et adaptés au site :

- les dimensions et vitesses de rotation des aérogénérateurs choisis permettront de concilier à la fois les impératifs techniques dictés par les lois physiques, la ressource éolienne et les niveaux des enjeux potentiels de la zone d'étude ;
- les machines et leurs fondations intègrent les caractéristiques locales du vent. Elles sont prévues pour résister à des vents de 190 km/h, événement exceptionnel pour le site étudié ; les études géotechniques, les calculs la conception, l'exécution et le contrôle des fondations suivent les recommandations du comité français de mécanique des sols (CFMS) ;
- les aérogénérateurs choisis seront conformes aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 [9], notamment en matière de normes constructives et électriques, en particulier la norme internationale CEI 61 400-1 « exigence pour la conception des aérogénérateurs » qui fixe des prescriptions relatives à la sécurité de la structure de l'éolienne, de ses parties mécaniques et électriques et de son système de commande ;
- les aérogénérateurs potentiellement choisis sont développés par des turbiniers européens, les niveaux d'exigences que s'imposent leurs fabricants en matière de sécurité et de fiabilité vont souvent au-delà des obligations réglementaires ;
- les aérogénérateurs choisis possèdent tous les dispositifs suivants : frein mécanique en complément du frein aérodynamique et système indépendant de manœuvre de chaque pale, permettant de compenser en cas de panne de l'une des commandes ;
- les machines envisagées contiennent toutes de faibles quantités de produits présentant un potentiel de danger. Ces potentiels dangers sont faibles et ces produits sont nécessaires au bon fonctionnement des installations.

6.3.2 UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES POSSIBLES

L'Union européenne a adopté un ensemble de règles communes au sein de la directive 96/61/CE du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution, dite directive IPPC (« Integrated Pollution Prevention and Control »), afin d'autoriser et de contrôler les installations industrielles. Depuis la directive IED a été adoptée en 2010.

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

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

7 Analyse des retours d'expérience

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne.

Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature spécialisées, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détail de l'information.

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accidents rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés.

D'autres informations sont également utilisées dans la partie 9 pour l'analyse détaillée des risques.

7.1 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien des [Bruyères](#). Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (mars 2012).

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer le recensement des accidents et incidents au niveau français.

Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de la presse locale ou de bases de données mises en place par des associations :

- rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- base de données ARIA du ministère du Développement durable ;
- communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens ;
- site Internet de l'association « Vent de Colère » ;
- site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » ;
- articles de presse divers ;
- données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

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

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail du SER/FEE apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012 (voir tableau

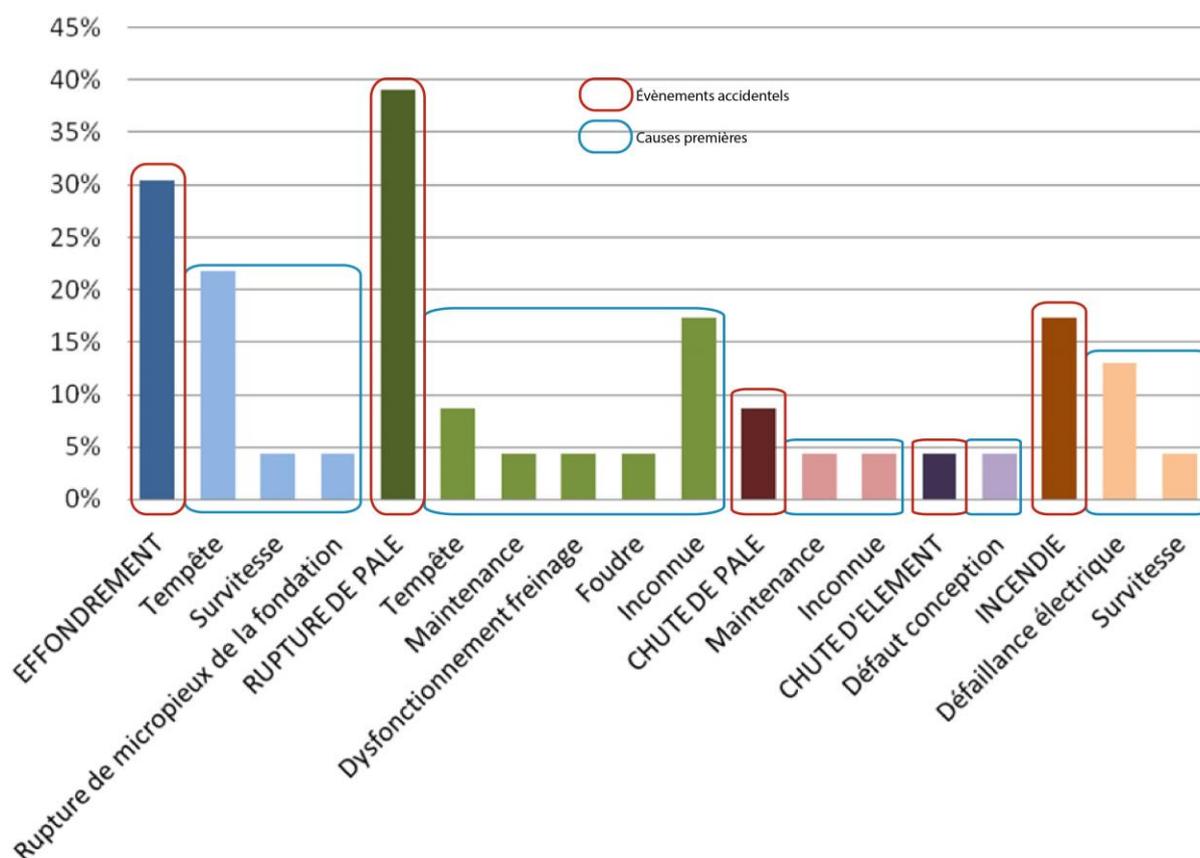
détaillé en annexe). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 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. Dans ce graphique sont présentées :

- la répartition des événements effondrement, rupture de pale, chute de pale, chute d'éléments et incendie, par rapport à la totalité des accidents observés en France. Ils sont représentés par des histogrammes de couleur foncée ;
- la répartition des causes premières pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur claire.

Figure 19 - Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011

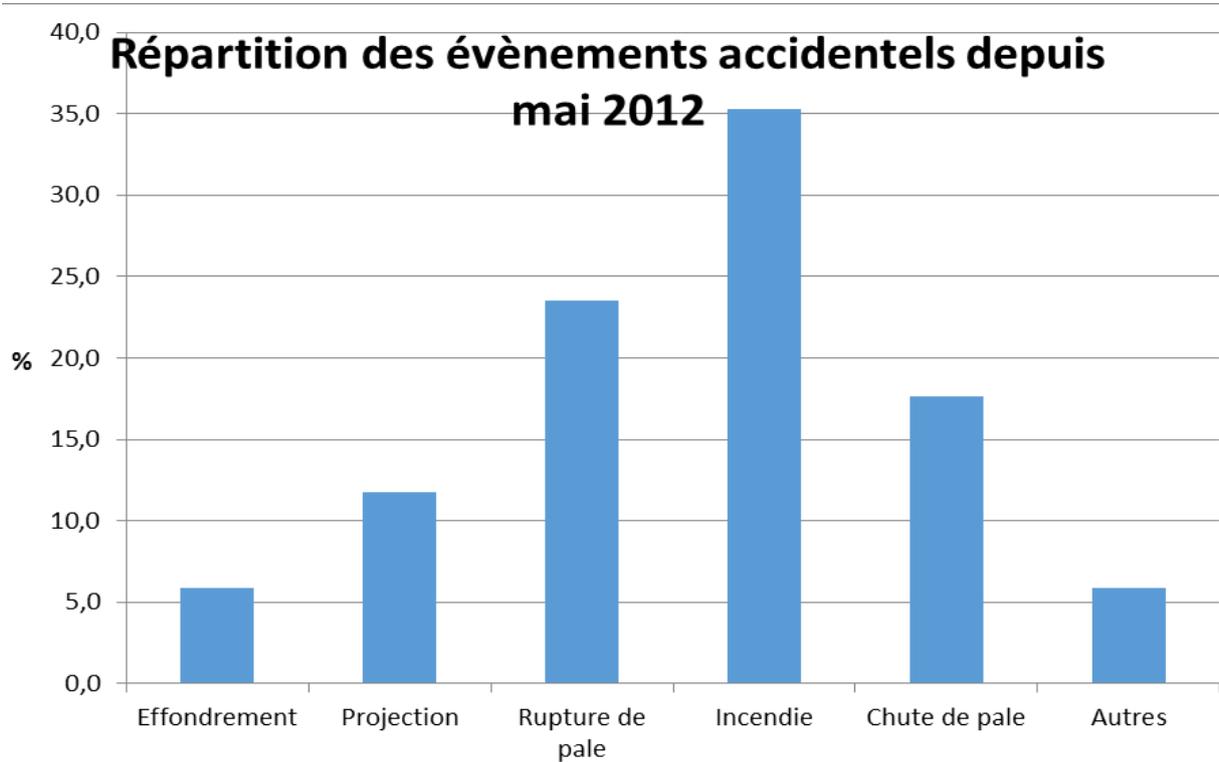


Source : Guide technique INERIS

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les effondrements, les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. La principale cause de ces accidents est les tempêtes.

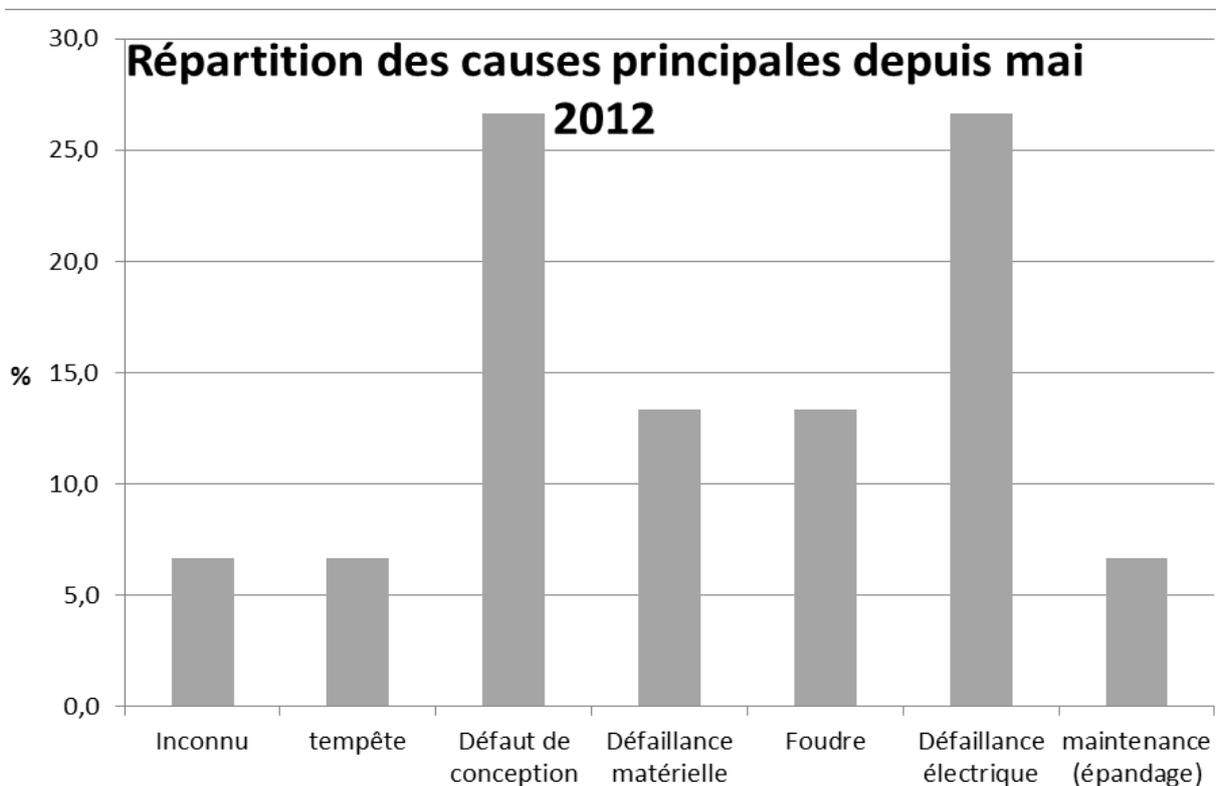
Une analyse a ensuite été réalisée au vu de l'actualisation de l'accidentologie française à partir des données ARIA.

Figure 20 – Répartition des évènements accidentels sur le parc éolien français depuis mai 2012



Source : BORALEX

Figure 21 – Répartition des causes principales sur le parc éolien français depuis mai 2012



Source : BORALEX

Les ruptures de pales et incendie représentent les principaux évènements survenus au cours des dernières années. La défaillance électrique et les défauts de conception sont des causes importantes d'accidents.

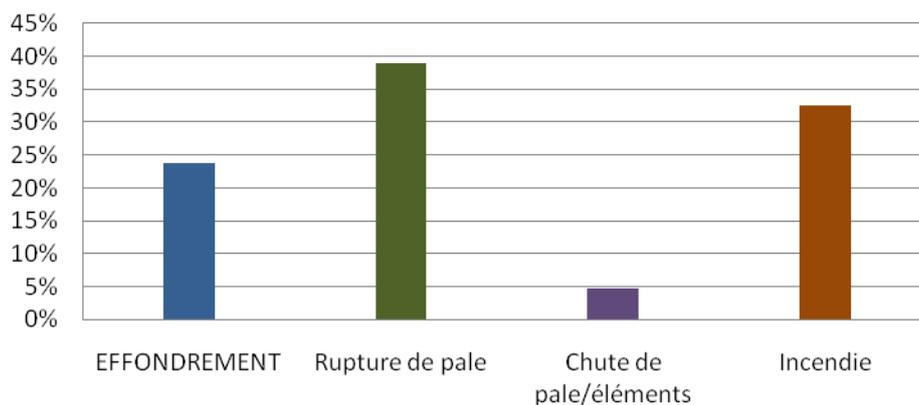
7.2 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS À L'INTERNATIONAL

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 par le groupe de travail, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernent plutôt des accidents du travail précédemment mentionnés, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés.

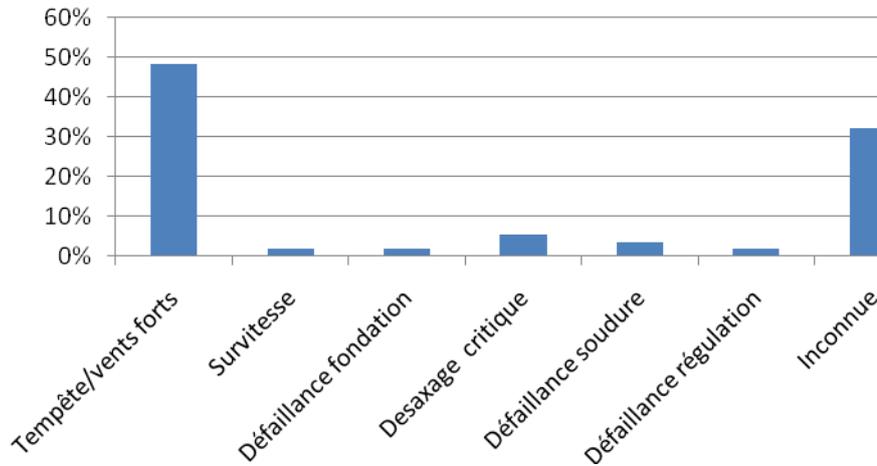
Figure 22 - Répartition des événements dans le monde entre 2000 et 2011



Source : Guide technique INERIS

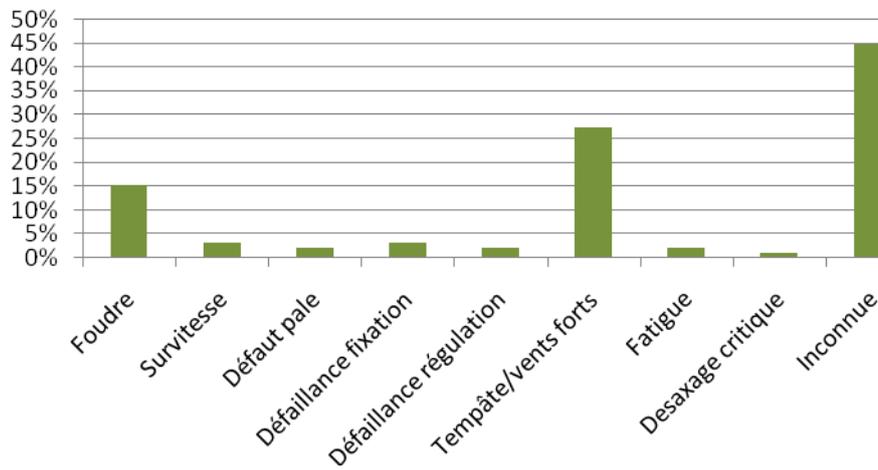
Ci-après est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

Figure 23 - Répartition des causes premières d'effondrement



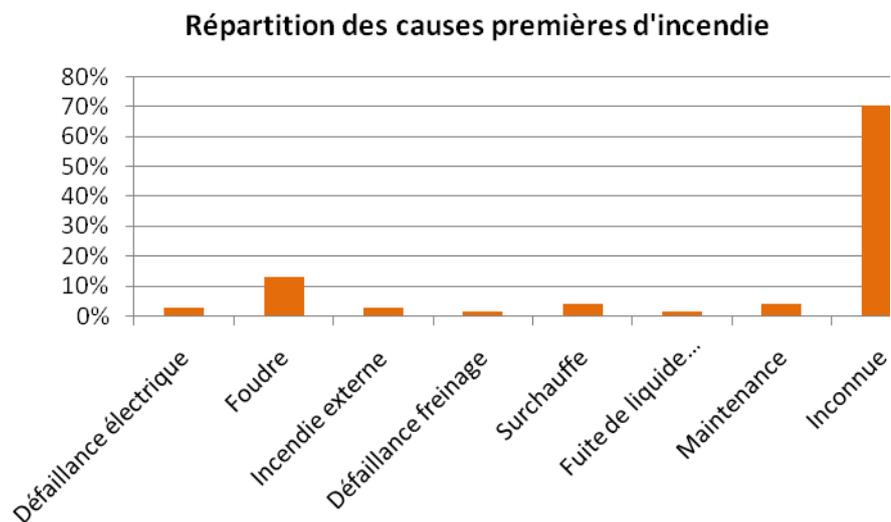
Source : Guide technique INERIS

Figure 24 - Répartition des causes premières de ruptures de pales



Source : Guide technique INERIS

Figure 25 - Répartition des causes premières d'incendie



Source : Guide technique INERIS

Tout comme pour le retour d'expérience français, ce retour d'expérience montre l'importance des causes « tempêtes et vents forts » dans les accidents. Il souligne également le rôle de la foudre dans les accidents.

7.3 INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

BORALEX n'a pas connu d'accident majeur sur ses sites depuis la mise en service de son premier parc éolien en 2002. Un incident a néanmoins eu lieu sur un parc en Ardèche : il s'agit d'un bris de pale ayant eu lieu le 14 novembre 2014 avec un effet quasi nul sur les personnes et l'environnement (débris au sol). Après analyse profonde des causes, le scénario le plus probable avancé par les experts a mis en cause des conditions de forts vents au moment de l'incident sur une pale préalablement endommagée par un impact de foudre d'une intensité exceptionnelle de 159,4kA survenu très probablement le 19 septembre 2014 (sur la base des données de Météorage France).

Des actions ont donc été définies de manière spécifique sur la base des préconisations des experts issues du rapport d'expertise et des meilleures pratiques concernant le suivi des pales, notamment :

- Mise en place d'un système d'enregistrement et de surveillance des impacts foudre externe aux machines afin de suivre et de détecter des phénomènes d'intensité hors norme ;
- Définition d'un programme d'inspection spécifique des pales (inspection systématique et après chaque enregistrement d'un impact de foudre au-delà d'un seuil fixé par les experts) ;
- Modification des valeurs vitesse de coupure pour un déclenchement plus sensible du système d'arrêt automatique aérodynamique.

7.4 SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

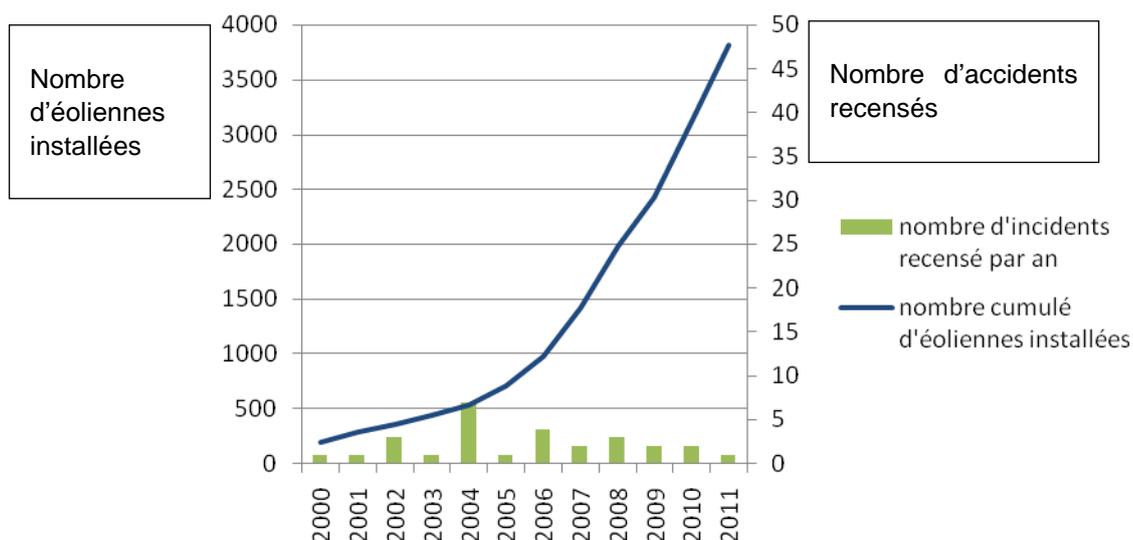
7.4.1 ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

À partir de l'ensemble des phénomènes dangereux qui ont été recensés, il est possible d'étudier leur évolution en fonction du nombre d'éoliennes installées.

La figure ci-dessous montre cette évolution et 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.

Figure 26 - Évolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées



Source : Guide technique INERIS

On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accident reste relativement constant, voire diminué.

7.4.2 ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FRÉQUENTS

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

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

7.4.3 LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

Ces retours d'expérience doivent être pris avec précaution. Ils comportent notamment les biais suivants :

- la non-exhaustivité des événements : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique. Dès lors, certains événements ne sont pas reportés. En particulier, les événements les moins spectaculaires peuvent être négligés : chutes d'éléments, projections et chutes de glace ;
- la non-homogénéité des aérogénérateurs inclus dans ce retour d'expérience : les aérogénérateurs observés n'ont pas été construits aux mêmes époques et ne mettent pas en œuvre les mêmes technologies. Les informations sont très souvent manquantes pour

distinguer les différents types d'aérogénérateurs (en particulier concernant le retour d'expérience mondial) ;

- les importantes incertitudes sur les causes et sur la séquence qui a mené à un accident : de nombreuses informations sont manquantes ou incertaines sur la séquence exacte des accidents.

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

8 Analyse préliminaire des risques (APR)

8.1 OBJECTIF DE L'APR

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accidents majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarios d'accidents potentiels pour une installation (ainsi que des mesures de sécurité) basée sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

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

8.2 RECENSEMENT DES ÉVÉNEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

Conformément à la circulaire du 10 mai 2010 [11], les événements initiateurs (ou agressions externes) suivants sont exclus de l'analyse des risques :

- chute de météorite ;
- séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximaux 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.

8.3 RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

8.3.1 AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX ACTIVITÉS HUMAINES

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines :

Tableau 14 - Agressions externes liées aux activités humaines

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes				
					E01	E02	E03	E04	E05
Voies de Circulation structurante	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Énergie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	> 200 m				
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Énergie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	> 2000 m				
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	> 200 m				
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Énergie cinétique des éléments projetés	500 m	E01 à E02 : 404 m E02 à E03 : 400 m E03 à E04 : 385 m E04 à E05 : 355 m				

Source : Guide technique INERIS

8.3.2 AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX PHÉNOMÈNES NATURELS

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux phénomènes naturels :

Tableau 15 - Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externes	Intensité
Vents et tempêtes	La zone d'étude ne se situe pas dans une zone affectée par des cyclones tropicaux mais le risque tempête ne peut pas être écarté.
Foudre	L'ensemble de l'installation respecte la norme IEC 61 400-24 (juin 2010) ou EN 62 305 – 3 (décembre 2006) ; $N_k = 20$
Glissement de sols/ affaissements miniers	L'installation ne se situe pas dans un zonage présentant un risque de cavités souterraines, de coulées de boues ou de phénomènes de retrait-gonflement d'argiles (voir paragraphe 4.2.2). Par ailleurs, une étude géotechnique est réalisée avant la construction du parc éolien.

Source : Météo France ; BRGM ; BORALEX

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

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

8.4 SCÉNARIOS ÉTUDIÉS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

Le tableau ci-dessous présente une proposition d'analyse générique des risques. Celui-ci est construit de la manière suivante :

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

L'échelle utilisée pour l'évaluation de l'intensité des événements a été adaptée au cas des éoliennes :

- « 1 » correspond à un phénomène limité ou se cantonnant au surplomb de l'éolienne ;
- « 2 » correspond à une intensité plus importante et impactant potentiellement des personnes autour de l'éolienne.

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 par le groupe de travail (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

Tableau 16 - Scénarios établis selon les événements

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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)	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) Protection et intervention incendie (N° 7)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique		Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N° 5) Protection et intervention incendie (N° 7)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N° 3) Prévenir la survitesse (N° 4) Protection et intervention incendie (N° 7)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice/ Pièce défectueuse/ Défaut de lubrification	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N° 3) Protection et intervention incendie (N° 7)	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		Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N° 5) Protection et intervention incendie (N° 7)		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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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	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
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 de pale	Prévenir la sur vitesse (N° 4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N° 13)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E03	Crash d'aéronef		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		Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N° 14)	Chute fragments et chute mât	2
E05	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) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N° 12)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E06	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N° 13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	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

Source : Guide technique INERIS

Ce tableau présentant le résultat d'une analyse des risques peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accidents pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes. Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe 3 du présent document.

8.5 EFFETS DOMINOS

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, une possibilité est que les effets de cet accident endommagent d'autres installations. Ces dommages peuvent conduire à un autre accident. Par exemple, la projection de pale impactant les canalisations d'une usine à proximité peut conduire à des fuites de canalisations de substances dangereuses. Ce phénomène est appelé « effet dominos ».

Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques générique présenté ci-dessus.

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 [11] 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, il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude (voir paragraphe 4.1.3).

8.6 MISE EN PLACE DES MESURES DE SÉCURITÉ

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur les éoliennes du parc des Bruyères. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères 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 devront être 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 ;

- **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'accidents. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non ») ;

- **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 ;

- **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 ;

• **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. Cette information, si elle est connue au moment de la réalisation de l'étude de dangers, pourra être indiquée pour chacune des fonctions de sécurité. 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.

Tableaux 17 - Fonctions de sécurité

Scénario G02			
Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection du givre et de mise à l'arrêt de la machine. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre disposé sur la nacelle et relié au système de contrôle et permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Si cela s'avère nécessaire, une caméra est installée sur l'une des nacelles et afin de surveiller à distance l'éventuelle formation de gel sur les pales. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non. Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Quelques minutes (< 60 min) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 [9]		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Scénario G01			
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	<p>Panneautage en pied de machine, sur le chemin d'accès, à l'entrée de chaque plate-forme d'éolienne et sur les chemins de randonnée menant à proximité des éoliennes.</p> <p>Éloignement des zones habitées et fréquentées.</p> <p>Sensibilisation des agriculteurs aux risques potentiels de chute de glace et transmission du numéro de téléphone unique à composer en cas d'anomalie.</p>		
Description	<p>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 [9]), [voir Figure 14].</p> <p>Mise en place sur les chemins touristiques passant dans les zones d'étude de panneaux informant des risques de formation de glace.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général des panneaux, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que les panneaux restent visibles.		

Scénarios I03, I04			
Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	<p>Capteurs de température des pièces mécaniques.</p> <p>Définition de seuils critiques de températures pour chaque type de composant avec alarmes.</p> <p>Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement.</p>		
Description	<p>Tous les principaux composants sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne. En cas de dépassement de seuils (caractéristiques sur chaque type d'éolienne, type de composant et prédéfinis), des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, les cas échéant, entraîner un ralentissement de l'éolienne (bridage préventif), voire un arrêt de l'éolienne. Tout phénomène anormal est ainsi automatiquement répertorié, tracé via le système SCADA du parc et donne lieu à des analyses et si nécessaire interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Vérification périodique de la cohérence des valeurs relevées par les capteurs.		
Maintenance	<p>Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel des systèmes instrumentés de sécurité conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 [9].</p> <p>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.</p>		

Scénarios I03, P01			
Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : le système de freinage est généralement constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et/ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
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 [9].		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011 [9].		
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 [9] (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.		

Scénarios I01, I02, I05, I06			
Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique. Dispositifs de coupure d'urgence de l'alimentation électrique installés au niveau des éoliennes (dans la nacelle, dans la génératrice). Pictogrammes de mise en garde face aux risques d'électrocution.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et de la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées. <i>Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement, serrage des câbles sont intégrés dans les procédures de maintenance préventives mises en œuvre.</i>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde.		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011 [9].		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	<p>Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.</p> <p>Mise en place d'un système d'enregistrement et de surveillance des impacts foudre externe aux machines afin de suivre et de détecter des phénomènes d'intensité hors norme. A chaque impact, l'information est transmise systématiquement à l'exploitant ;</p> <p>Définition d'un programme d'inspection spécifique des pales (inspection systématique et après chaque enregistrement d'un impact de foudre au-delà d'un seuil fixé par les experts) ;</p> <p>Modification des valeurs vitesse de coupure pour un déclenchement plus sensible du système d'arrêt automatique aérodynamique.</p>		
Description	<p>Respect de la norme IEC 61 400-24 (juin 2010) et IEC 1024 classE01.</p> <p>Dispositif de capture + mise à la terre.</p> <p>Parasurtenseurs sur les circuits électriques.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif.		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	<p>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 [9].</p>		

Scénarios I01, I2, I3, I4, I06, I07			
Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	<p>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.</p> <p>Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle. Défrichage et entretien des abords de l'installation. Intervention des services de secours.</p>		
Description	<p>Le design global de l'éolienne est fait pour minimiser les risques d'incendie :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de transformateurs secs dans un compartiment dédié et condamné, en pied de tour ou dans la nacelle. • Transport de l'énergie produite par l'éolienne entre la nacelle et pied de mât par gaine-barres afin d'assurer une protection optimale en cas de court-circuit. • Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne agissant si nécessaire, en cas de dépassements de seuils, sur le fonctionnement de l'éolienne. • Utilisation de moteurs non hydrauliques pour l'orientation des pales et le contrôle de l'azimut. <p>Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance.</p> <p>L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance).</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	<p>< 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 (< 60 minutes). Le centre de</p>		

	secours principal le plus proche est situé à Guéret, à une quinzaine de minutes du site.
Efficacité	100 %
Tests	/
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 [9]. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.

Scénarios I07, F01, F02			
Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles. Procédure d'urgence. Kit antipollution.		
Description	<p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile ou de niveau reliés à une alarme permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile 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 (plancher du mât) 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"> • 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. <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 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an. Contrôle périodique sur les dispositifs d'étanchéité (rétention des postes électriques, étanchéité du mât), détection d'éventuelles fuites trop faibles pour déclencher le détecteur rapidement.		

Scénarios C02, C03, P03, E01, E02, E05, E07			
Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblage (ex. : brides ; joints, etc.). Procédures qualités. Attestation de prise en compte au stade de la conception des règles parasismiques en zone de sismicité 2 (PJ24 de l'Autorisation Unique). Attestation du contrôle technique.		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la		

	norme ISO 9223.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	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 [9].

Scénarios C01, E07			
Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédures maintenance.		
Description	Préconisations du manuel de maintenance. Formation du personnel.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	NA		

Scénario E05			
Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes. Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite.		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue. Surveillance des conditions météorologiques effectuée en continu et assurée par l'anémomètre et la girouette.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 min		
Efficacité	100 % NB : en fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	/		
Maintenance	La procédure de maintenance inclut les tests d'arrêt de survitesse.		

Non applicable			
Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Mise en place d'une procédure de veille cyclonique et d'intervention + mise en œuvre d'éoliennes équipées de dispositifs anticycloniques permettant abattage et arrimage au sol des éléments les plus sensibles, en		

	particulier les pales.
Description	L'ensemble de la structure [mât et/ou nacelle + hélice] peut être rabattu et arrimé au sol. Détection des cyclones. Formation des opérateurs. Mise en place d'une procédure d'intervention suivant les niveaux d'alerte.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	/
Maintenance	Contrôle et entretien des équipements de repli cyclonique.

Scénario E06, P02			
Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	13
Mesures de sécurité	Contrôle de l'état de dégradation de l'ensemble des composants de l'aérogénérateur dans les procédures de maintenance.		
Description	Différents tests sont effectués, visuels, prélèvements, analyses thermographiques, endoscopie, contrôles réglementaires par organisme agréé. Le test effectué est toujours le mieux adapté à l'organe à contrôler.		
Indépendance	Oui (tests effectués manuellement par opérateur de maintenance).		
Temps de réponse	Court (temps de remontée de l'information pour prise de décision par l'exploitant).		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Des contrôles visuels sont prévus lors de toutes les maintenances préventives, suivant les préconisations du manuel de maintenance.		

Scénario E04			
Fonction de sécurité	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention	N° de la fonction de sécurité	14
Mesures de sécurité	Rédaction d'un plan de prévention détaillant les risques et moyens de prévention pour l'activité d'exploitation et maintenance normale du parc. Visite de sécurité effectuée annuellement avec l'ensemble des prestataires (turbiniens, électriciens) dans le cadre des contrats de maintenance longue durée. Signature commune des plans de prévention annuelle suite à la visite. Tout intervenant se rendant sur un parc signale son arrivée et son départ à l'équipe exploitation BORALEX (numéro de téléphone unique). Pour chaque intervention extraordinaire, les prestataires additionnels subissent une lecture du plan de prévention. Une fiche d'opération particulière (document sécurité de BORALEX) est rédigée, résumant l'ensemble des risques encourus (risques supplémentaires non recensés dans le cadre des activités normales ainsi que les risques liés à la coactivité). Actions de formation, d'information, de surveillance, de coordination. Afin de prémunir son personnel des risques identifiés, BORALEX soumet son personnel à l'ensemble des sensibilisations et formations nécessaires pour lui permettre de réaliser ses activités dans des conditions de sécurité optimale.		
Description	Voir exemple à l'annexe 10.		
Indépendance	Oui		

Temps de réponse	Temps d'analyse (ou de ré-analyse des risques) pour la révision des plans de prévention des risques. Temps d'analyse pour les interventions exceptionnelles.
Efficacité	100 %
Tests	NA
Maintenance	NA

Sources : Guide technique INERIS, BORALEX

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011 [9].

Notamment, suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalise une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

8.7 CONCLUSION DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

Dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques génériques des parcs éoliens, quatre catégories de scénarios sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Tableau 18 - Scénarios exclus de l'étude détaillée des risques

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques) (I01, I02, I03, I04)	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 m de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât, les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 [9] 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 (I05, I06, I07)	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 (arrêté du 26 août 2011 [9]) et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200).
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0 °C (G01 et G02)	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huiles dans le sol (F01)	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérés dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

Source : Guide technique INERIS

Les cinq catégories de scénarios étudiées dans l'étude détaillée des risques sont les suivantes :

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

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

9 Étude détaillée des risques

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

9.1 RAPPEL DES DÉFINITIONS

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l'intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005.

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

Cet arrêté est complété par la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers.

Force est néanmoins de constater que ce sont les seuls phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des éoliennes.

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la méthode ad hoc préconisée par le guide technique national relatif à l'étude de dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version de mai 2012. Cette méthode est inspirée des méthodes utilisées pour les autres phénomènes dangereux des installations classées, dans l'esprit de la loi du 30 juillet 2003.

Cette première partie de l'étude détaillée des risques consiste donc à rappeler les définitions de chacun de ces paramètres, en lien avec les références réglementaires correspondantes.

9.1.1 CINÉTIQUE

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13], la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou de « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

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

9.1.2 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 [13]).

On constate que les scénarios retenus au terme de l'analyse préliminaire des risques pour les parcs éoliens sont des scénarios de projection (de glace ou de tout ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou tout ou partie de pale) ou d'effondrement de machine.

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [13] caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, pour des effets de surpression, toxiques ou thermiques). Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

Dans le cas de scénarios de projection, l'annexe II de cet arrêté précise : « Compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection, l'évaluation des effets de projection d'un phénomène dangereux nécessite, le cas échéant, une analyse, au cas par cas, justifiée par l'exploitant. Pour la délimitation des zones d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, cette délimitation s'appuie sur une analyse au cas par cas proposée par l'exploitant. »

C'est pourquoi, pour chacun des événements accidentels retenus (chute d'éléments, chute de glace, effondrement et projection), deux valeurs de référence ont été retenues :

- 5 % d'exposition : seuils d'exposition très forte ;
- 1 % d'exposition : seuil d'exposition forte.

Le degré d'exposition est défini comme le rapport entre la surface atteinte par un élément chutant ou projeté et la surface de la zone exposée à la chute ou à la projection.

Tableau 19 - Degrés d'exposition

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

Source : SER-FEE

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

9.1.3 GRAVITÉ

Par analogie aux niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13], les seuils de gravité sont déterminés en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes dans chacune des zones d'effet définies dans le paragraphe précédent.

Tableau 20 - Niveaux de gravité

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

Source : Guide technique INERIS

9.1.4 PROBABILITÉ

L'annexe I de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13] définit les classes de probabilité qui doivent être utilisées dans les études de dangers pour caractériser les scénarios d'accidents majeurs :

Tableau 21 - Niveaux de probabilité

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

Source : Guide technique INERIS

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 [13].

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 [13] impose une évaluation des probabilités de départ uniquement.

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

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

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

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

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

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

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

9.2 CARACTÉRISATION DES SCÉNARIOS RETENUS

Comme évoqué dans le paragraphe 5.1.4, la caractérisation des scénarios retenus est menée en étudiant pour chaque aérogénérateur envisagé le degré d'exposition engendré.

Compte tenu des faibles variations de dimensions d'un aérogénérateur à l'autre, les niveaux de degrés d'expositions calculés resteront dans l'ensemble similaires.

Toutefois, dans les cas où des machines engendrent des degrés d'expositions différents, la position conservatrice consistant à poursuivre l'analyse en ne retenant que le niveau d'exposition le plus important sera adoptée.

De même, le nombre de personnes exposées employé dans les calculs est majorant, c'est-à-dire calculé à partir des dimensions maximisant la zone d'effet du phénomène étudié.

Cette approche permet de garantir, quel que soit l'aérogénérateur finalement retenu pour la construction du parc, un niveau de risque absolument acceptable.

Tableau 22 - Dimensions caractéristiques des aérogénérateurs selon le modèle étudié (en mètres)

Aérogénérateur	VESTAS V100 HH120 2 MW	VESTAS V110 HH95 2 MW	VESTAS V110 HH125 2 MW	POMA LTW117 HH91.5 2 MW	SENVION M122 HH119 3 MW	VESTAS V136 HH112 3,45 MW
Longueur de pale R en mètres	49	54	54	57,5	59,8	66,7
Hauteur au moyeu en mètres	120	95	125	91,5	119	112
Hauteur du mât + nacelle H en mètres	122,7	97,7	127,7	94,2	121,3	113,3
Largeur du mât L en mètres	4,2	4,2	4,2	5,2	4,3	6,3
Largeur de base de pale LB en mètres	3,9	3,9	3,9	4,25	3,9	4,1
Hauteur totale en mètres	170	150	180	150	180	180
Demi-diamètre de rotor en mètres D/2	50	55	55	58,5	61	68

Sources : SENVION ; Vestas ; POMA

9.2.1 EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

9.2.1.1 Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit entre 150 et 180 m dans le cas des éoliennes du parc des Bruyères.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (références [5] et [6]). Les risques d'atteinte d'une personne ou d'un bien en dehors de cette zone d'effet sont négligeables et ils n'ont jamais été relevés dans l'accidentologie ou la littérature spécialisée.

9.2.1.2 Intensité

Pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface totale balayée par le 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 des Bruyères. R est la longueur de pale (comprise entre 49 et 66,7 m selon l'aérogénérateur), H la hauteur du mât (comprise entre 94,2 et 127,7 m selon l'aérogénérateur étudié), L la largeur du mât (comprise entre 4,2 et 6,3 m selon l'aérogénérateur étudié) et LB est la largeur de la base de la pale (comprise entre 3,9 et 4,25 m selon l'aérogénérateur étudié).

Tableau 23 - Calcul de l'intensité pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur de l'éolienne en bout de pale)				
Aérogénérateur	Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
	$ZI=(H) \times L + 3 \cdot R \cdot LB/2$	$ZE=\pi \times (H+R)^2$	$d = ZI/ZE (\%)$	
VESTAS V100 HH120 2 MW	801,99	92 617	0,87%	Exposition modérée
SENVION M122 HH119 3 MW	871,42	103 035	0,85 %	
VESTAS V110 HH125 2 MW	852,24	103 719	0,82%	
POMA LTW117 HH91.5 2 MW	856,40	72297,13	1,185 %	Exposition forte
VESTAS V110 HH95 2 MW	726,24	72 297	1,01 %	
VESTAS V136 HH112 3,45 MW	1123,995	101 788	1,10 %	

Sources : Guide technique INERIS ; BORALEX

L'intensité du phénomène d'effondrement est nulle au-delà de la zone d'effondrement. À l'intérieur de la zone d'effondrement, on retiendra un niveau d'exposition fort.

9.2.1.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

- plus de 100 personnes exposées => « Désastreux »
- entre 10 et 100 personnes exposées => « Catastrophique »
- entre 1 et 10 personnes exposées => « Important »
- au plus 1 personne exposée => « Sérieux »
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement => « Modéré »

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement et la gravité associée (en prenant la plus grande zone d'effet c'est-à-dire celle de l'aérogénérateur le plus grand ; R = 180 m).

Tableau 24 - Analyse de la gravité pour le phénomène d'effondrement d'éolienne

Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E01	0,10	Sérieux
E02	0,10	
E03	0,66	
E04	0,12	
E05	0,11	

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

9.2.1.4 Probabilité

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

Tableau 25 - Probabilité pour l'effondrement d'éolienne

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Specification of minimum distances [6]	$1,8 \times 10^{-4}$ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

Source Guide technique INERIS

Ces valeurs correspondent à une classe de probabilité « C » selon l'arrêté du 29 septembre 2005 [13].

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'expérience⁵, 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.* »

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

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

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

⁵ 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.

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 [9] relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité d'effondrement.

Il est considéré que la classe de probabilité de l'accident est « D », à savoir : « S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité. »

9.2.1.5 Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc des [Bruyères](#), la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Tableau 26 - Acceptabilité pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne

Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E01	Sérieux	Acceptable
E02		
E03		
E04		
E05		

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

Ainsi, le niveau de gravité associé au risque d'effondrement étant fort et la probabilité d'un tel accident étant rare, pour le parc éolien des [Bruyères](#), le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.2.2 CHUTE DE GLACE

9.2.2.1 Considérations générales

Les périodes de gel et l'humidité de l'air peuvent entraîner, dans des conditions de température et d'humidité de l'air bien particulières, une formation de givre ou de glace sur l'éolienne, ce qui induit des risques potentiels de chute de glace.

Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concerné par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre deux et sept jours de formation de glace par an.

Lors des périodes de dégel qui suivent les périodes de grand froid, des chutes de glace peuvent se produire depuis la structure de l'éolienne (nacelle, pales). Normalement, le givre qui se forme en fine pellicule sur les pales de l'éolienne fond avec le soleil. En cas de vents forts, des morceaux de glace peuvent se détacher. Ils se désagrègent généralement avant d'arriver au sol. Ce type de chute de glace est similaire à ce qu'on observe sur d'autres bâtiments et infrastructures.

9.2.2.2 Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien des [Bruyères](#), la zone d'effet a donc un rayon [compris entre 50 et 68 m selon l'aérogénérateur étudié](#). Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

9.2.2.3 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien des Bruyères. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, $D/2$ est la longueur du demi-diamètre du rotor (comprise entre 50 et 68 m selon l'aérogénérateur étudié), et SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1 \text{ m}^2$).

Tableau 27 - Calcul de l'intensité pour le phénomène de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol)				
Aérogénérateur	Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
	$ZI = SG = 1 \text{ m}^2$	$ZE = \pi \times (D/2)^2$	$d = ZI/ZE (\%)$	
VESTAS V100 HH120 2 MW	1	7 854	0,01%	Exposition modérée
SENVION M122 HH119 3 MW	1	11 690	0,01%	
VESTAS V110 HH125 2 MW	1	9 503	0,01%	
POMA LTW117 HH91.5 2 MW	1	10 751	0,01%	
VESTAS V110 HH95 2 MW	1	9 503	0,01%	
VESTAS V136 HH112 3,45 MW	1	14 527	0,01%	

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

L'intensité est nulle hors de la zone de survol. À l'intérieur de la zone d'effondrement, on retiendra un niveau d'exposition modéré.

9.2.2.4 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

- plus de 1000 personnes exposées => « Désastreux »
- entre 100 et 1000 personnes exposées => « Catastrophique »
- entre 10 et 100 personnes exposées => « Important »
- moins de 10 personnes exposées => « Sérieux »
- présence humaine exposée inférieure à « une personne » => « Modéré »

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité associée (en prenant la plus grande zone d'effet, c'est-à-dire celle de l'aérogénérateur le plus grand ; D/2 = 68 m):

Tableau 28 - Analyse de la gravité pour le phénomène de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E01	0,015	Modéré
E02	0,015	
E03	0,015	
E04	0,015	
E05	0,015	

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

9.2.2.5 Probabilité

De façon conservatrice, il est considéré que la probabilité est de classe « A », c'est-à-dire une probabilité supérieure à 10⁻².

9.2.2.6 Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc des Bruyères, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Tableau 29 - Acceptabilité pour le phénomène de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E01	Modéré	Acceptable
E02		
E03		
E04		
E05		

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

Ainsi, pour le parc éolien des Bruyères, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

Il convient également de rappeler que, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 [9] 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.

9.2.3 CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

9.2.3.1 Zone d'effet

La chute d'éléments comprend la chute de tous les équipements situés en hauteur : trappes, boulons, morceaux de pales ou pales entières. Le cas majorant est ici le cas de la chute de pale. Il est retenu dans l'étude détaillée des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments.

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor.

9.2.3.2 Intensité

Pour le phénomène de chute d'éléments, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière se détachant de l'éolienne) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien des Bruyères, d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, $D/2$ le demi-diamètre du rotor (compris entre 50 et 68 m selon l'aérogénérateur étudié), et LB la largeur de la base de la pale (comprise entre 3,9 et 4,25 m selon l'aérogénérateur étudié).

Tableau 30 - Calcul de l'intensité pour le phénomène de chute d'élément de l'éolienne

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol)				
Aérogénérateur	Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
	$Z_I = R \cdot LB/2$	$Z_E = \pi \times (D/2)^2$	$d = Z_I/Z_E$ (%)	
VESTAS V100 HH120 2 MW	95,55	7 853,98	1,22%	Exposition forte
SENVION M122 HH119 3 MW	116,61	11 689,87	1,00%	
VESTAS V110 HH125 2 MW	105,3	9 503,32	1,11%	
POMA LTW117 HH91.5 2 MW	122,188	10 751,32	1,14 %	
VESTAS V110 HH95 2 MW	105,3	9 503,32	1,11%	
VESTAS V136 HH112 3,45 MW	136,735	14 526,72	0,94%	Exposition modérée

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

L'intensité en dehors de la zone de survol est nulle. À l'intérieur de la zone d'effondrement, on retiendra un niveau d'exposition fort.

9.2.3.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne, dans la zone de survol de l'éolienne :

- plus de 100 personnes exposées => « Désastreux »
- entre 10 et 100 personnes exposées => « Catastrophique »
- entre 1 et 10 personnes exposées => « Important »
- au plus 1 personne exposée => « Sérieux »
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement => « Modéré »

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 (en prenant la plus grande zone d'effet c'est-à-dire celle de l'aérogénérateur le plus grand, $D/2 = 68$ m).

Tableau 31 - Analyse de la gravité pour le phénomène de chute d'élément de l'éolienne

Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E01	0,015	Sérieux
E02	0,015	
E03	0,015	
E04	0,015	
E05	0,015	

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

9.2.3.4 Probabilité

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (deux chutes et cinq incendies pour 15 667 années d'expérience, soit $4,47 \times 10^{-4}$ 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.

9.2.3.5 Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc des [Bruyères](#), la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Tableau 32 - Acceptabilité pour le phénomène de chute d'élément d'éolienne

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E01	Sérieux	Acceptable
E02		
E03		
E04		
E05		

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

Ainsi, pour le parc éolien des [Bruyères](#), le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.2.4 PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

9.2.4.1 Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe 2, la distance maximale relevée et vérifiée pour une projection de fragment de pale est de 380 m 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 [3].

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 m, en particulier les études [5] et [6].

Sur la base de ces éléments et de façon conservatrice, une distance d'effet de 500 m est considérée comme distance raisonnable pour la prise en compte des projections de pales ou de fragments de pales dans le cadre des études de dangers des parcs éoliens.

9.2.4.2 Intensité

Pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (500 m autour de l'éolienne).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien des [Bruyères](#). d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R =$ comprise entre 49 et 66,7 m selon l'aérogénérateur étudié) et LB la largeur de la base de la pale (comprise entre 3,9 et 4,25 m selon l'aérogénérateur étudié).

Tableau 33 - Calcul de l'intensité pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)				
Aérogénérateur	Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
	$ZI = R \cdot LB/2$	$ZE = \pi \times 500^2$	$d = ZI/ZE$ (%)	
VESTAS V100 HH120 2 MW	95,55	785 400	0,01%	Exposition modérée
SENVION M122 HH119 3 MW	116,61	785 400	0,01%	
VESTAS V110 HH125 2 MW	105,3	785 400	0,01%	
POMA LTW117 HH91.5 2 MW	122,188	785 400	0,02%	
VESTAS V110 HH95 2 MW	105,3	785 400	0,01%	
VESTAS V136 HH112 3,45 MW	136,735	785 400	0,02%	

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

L'intensité en dehors de la zone des 500 m est nulle. À l'intérieur de la zone d'étude, on retiendra un niveau d'exposition modéré.

9.2.4.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

- plus de 1000 personnes exposées => « Désastreux »
- entre 100 et 1000 personnes exposées => « Catastrophique »
- entre 10 et 100 personnes exposées => « Important »
- moins de 10 personnes exposées => « Sérieux »
- présence humaine exposée inférieure à « une personne » => « Modéré »

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

Tableau 34 - Analyse de la gravité pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale

Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E01	2,00	Sérieux
E02	2,77	
E03	3,22	
E04	1,85	
E05	0,89	

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

9.2.4.4 Probabilité

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

Tableau 35 - Probabilité pour la projection de pale ou de fragment de pale

Source	Fréquence (événement par éolienne/an)	Justification
Site specific hazard assessment for a wind farm project [4]	1×10^{-6}	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$1,1 \times 10^{-3}$	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances [6]	$6,1 \times 10^{-4}$	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

Source Guide technique INERIS

Ces valeurs correspondent à des classes de probabilité « B », « C » ou « E ».

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (douze 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 – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique ;
- utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.).

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 [9] relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité de projection.

Il est considéré que la classe de probabilité de l'accident est « D » : « S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité. »

9.2.4.5 Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc des Bruyères, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Tableau 36 - Acceptabilité pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E01	Sérieux	Acceptable
E02		
E03		
E04		
E05		

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

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

9.2.5 PROJECTION DE GLACE

9.2.5.1 Zone d'effet

L'accidentologie rapporte quelques cas de projection de glace. Ce phénomène est connu et possible, mais reste difficilement observable et n'a jamais occasionné de dommage sur les personnes ou les biens.

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [15] propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

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

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures [17]. 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.

9.2.5.2 Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m²) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien des Bruyères. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R =$ comprise entre 49 et 66,7 m selon l'aérogénérateur étudié), H la hauteur au

moyeu (comprise entre 91,5 et 125 m selon l'aérogénérateur étudié) et SG la surface majorante d'un morceau de glace ($SG = 1m^2$).

Tableau 37 - Calcul de l'intensité pour le phénomène de projection de glace

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H + 2R)$ autour de l'éolienne)				
Aérogénérateur	Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié	Intensité
	$ZI = SG$	$ZE = \pi \times [1,5 \times (H + 2R)]^2$	$d = ZI/ZE$ (%)	
VESTAS V100 HH120 2 MW	1	335 927	0,0003 %	Exposition modérée
SENVION M122 3 MW	1	402 414	0,0002 %	
VESTAS V110 HH125 2 MW	1	383 746	0,0003 %	
POMA LTW117 HH91.5 2 MW	1	301 420	0,0003 %	
VESTAS V110 HH95 2 MW	1	291 289	0,0003 %	
VESTAS V136 HH112 3,45 MW	1	425 678	0,0002 %	

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

9.2.5.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

- plus de 1000 personnes exposées => « Désastreux »
- entre 100 et 1000 personnes exposées => « Catastrophique »
- entre 10 et 100 personnes exposées => « Important »
- moins de 10 personnes exposées => « Sérieux »
- présence humaine exposée inférieure à « une personne » => « Modéré »

Il a été observé dans la littérature disponible [17] qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de glace et la gravité associée (en prenant $R_{PG} = 368,1m$, soit un majorant de la zone d'effet de l'aérogénérateur présentant le plus grand R_{PG} (Vestas V136 3,45 MW).

Tableau 38 - Analyse de la gravité pour le phénomène de projection de glace

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H + 2R)$ autour de l'éolienne)		
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E01	0,45	Modéré
E02	1,77	Sérieux
E03	1,96	
E04	0,50	Modéré
E05	0,50	

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

9.2.5.4 Probabilité

Au regard de la difficulté d'établir un retour d'expérience précis sur cet événement et considérant les éléments suivants :

- les mesures de prévention de projection de glace imposées par l'arrêté du 26 août 2011 ;
- le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace.

Une probabilité forfaitaire « B – événement probable » est proposée pour cet événement.

9.2.5.5 Acceptabilité

Le risque de projection pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un niveau de gravité « sérieux ». Cela correspond pour cet événement à un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 10 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc des [Bruyères](#), la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Tableau 39 - Acceptabilité pour le phénomène de projection de glace

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H + 2R)$ autour de l'éolienne)			
Éolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E01	Modéré	Oui	Acceptable
E02	Sérieux		
E03			
E04	Modéré		
E05			

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

Ainsi, pour le parc éolien des [Bruyères](#), le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.3 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

9.3.1 TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Les tableaux regrouperont les éoliennes qui ont le même profil de risque.

Tableau 40 - Synthèse des scénarios étudiés

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (180 m autour de l'éolienne)	Rapide	Exposition forte	D (pour des éoliennes récentes) ⁶	Sérieux pour les éoliennes E01 à E05
Chute de glace	Zone de survol (68 m autour de l'éolienne)	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré pour les éoliennes E01 à E05
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol (68 m autour de l'éolienne)	Rapide	Exposition forte	C	Sérieux pour les éoliennes E01 à E05
Projection de pale ou de fragment de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D, (pour des éoliennes récentes)	Sérieux pour les éoliennes E01 à E05
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne (368,1 m autour de l'éolienne)	Rapide	Exposition modérée	B	Modéré pour les éoliennes E01, E04 et E05
					Sérieux pour les éoliennes E02 et E03

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

9.3.2 SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

Enfin, la dernière étape de l'étude détaillée des risques consiste à rappeler l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés.

La matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 [10] et reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 [11] mentionnée permet de conclure à l'acceptabilité des accidents potentiels.

⁶ Voir paragraphe 9.2.1

Tableau 41 - Matrice de criticité

Conséquences	Classe de probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Effondrement de l'éolienne (E01 à E05) Projection de pale ou de fragment de pale (E01 à E05)	Chute d'élément de l'éolienne (E01 à E05)	Projection de glace (E02 et E03)	
Modéré				Projection de glace (E01, E04 et E05)	Chute de glace (E01 à E05)

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

Tableau 42 - Légende de la matrice de criticité

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

Sources: Guide technique INERIS ; BORALEX

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice, autrement dit, le niveau de risque des scénarios étudiés est toujours acceptable ;
- les scénarios de chute d'éléments d'éolienne, de projection de glace pour les éoliennes E02 et E03 et de chute de glace figurent en case jaune, c'est-à-dire représentent un niveau de risque faible.

Pour ces scénarios d'accidents en particulier, les fonctions de sécurité n° 1, 2, 9 et 10 (détaillées dans la partie 8.6) sont appliquées. À savoir :

- pour prévenir du risque de projection de glace :
 - l'utilisation d'un système de détection redondant du givre disposé sur la nacelle et relié au système de contrôle permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Si cela s'avère nécessaire, ce système peut être complété par l'installation d'une caméra sur le toit d'une nacelle permettant elle aussi de surveiller à distance l'éventuelle formation de gel sur les pales.

- le redémarrage se faisant soit automatiquement après disparition des conditions de givre et vérification, soit manuellement après inspection visuelle sur site ;
- pour prévenir l'atteinte aux personnes par chute de glace :
 - le panneautage sur les chemins d'accès, à l'entrée des plates-formes de chaque éolienne ;
 - le panneautage sur les chemins de randonnée menant à proximité des éoliennes ;
 - l'éloignement des zones habitées et fréquentées ;
 - la sensibilisation des agriculteurs et chasseurs aux risques potentiels de chute de glace ;
- pour le risque de chute d'éléments de l'éolienne :
 - la prévention des défauts de stabilité de l'éolienne et des défauts d'assemblage ;
 - la prévention des erreurs de maintenance ;
 - le contrôle régulier des fondations et des pièces d'assemblage ;
 - la mise en place de procédures de maintenance et de qualité.

9.3.3 CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Les cartes de synthèse suivantes illustrent, pour chaque aérogénérateur et pour chaque scénario étudié dans l'analyse détaillée des risques :

- les enjeux étudiés (chemins de randonnée) ;
- la zone d'effet correspondant à chaque phénomène dangereux considéré ;
- l'intensité des phénomènes dangereux étudié (modérée ou sérieuse) ;
- le nombre de personnes permanentes exposées à l'intérieur de chaque zone d'effet (détaillé dans le tableau suivant).

En prenant les mêmes hypothèses pour le calcul du nombre de personnes permanentes exposées par secteur homogène qu'au paragraphe 4.4, on construit le tableau de synthèse du nombre de personnes permanentes exposées par zone d'effet considérée et on reporte ces valeurs dans les cartes de synthèse.

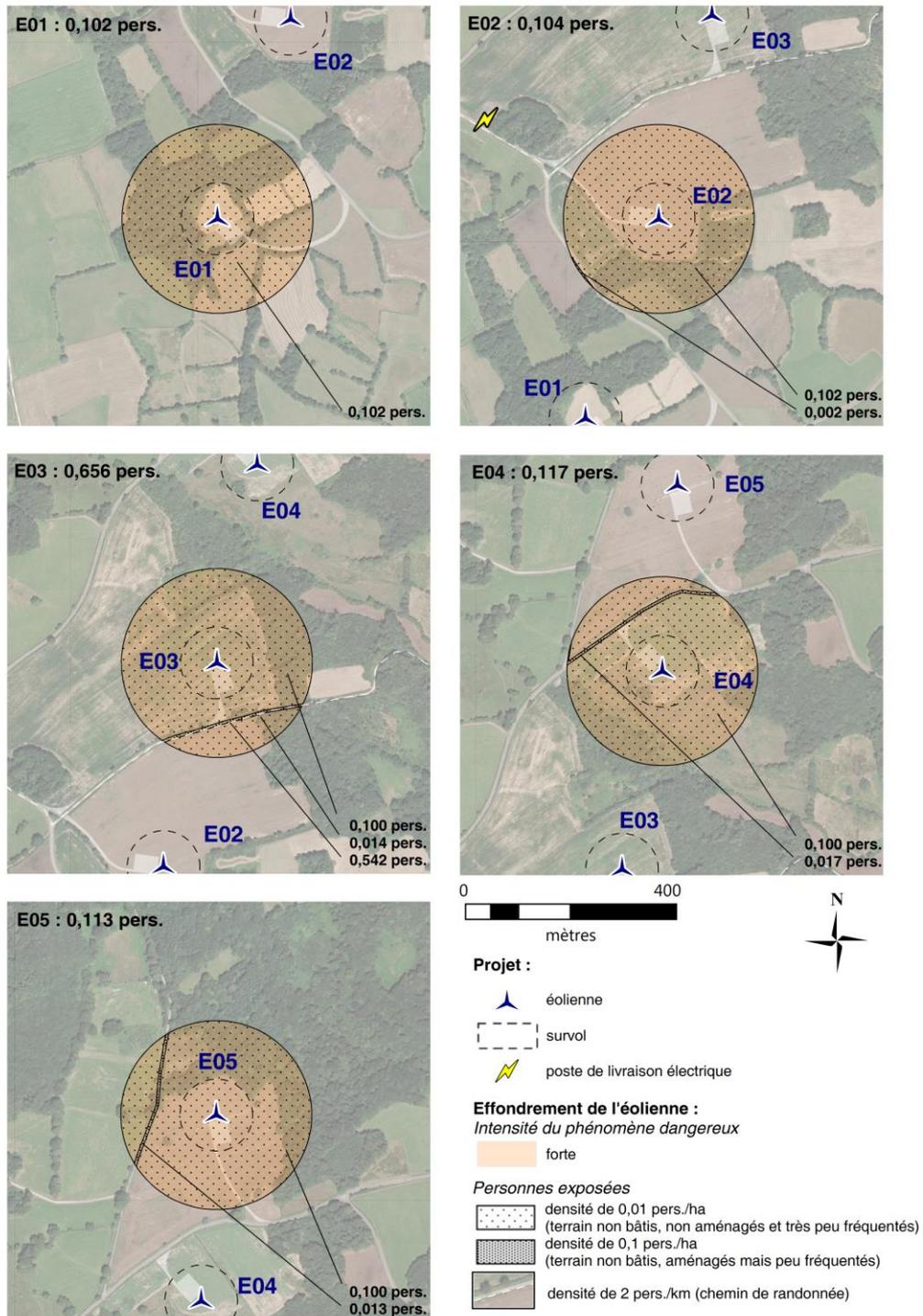
Tableau 43 - Nombre de personnes exposées par secteur homogène des zones d'effet

Éolienne	Secteur homogène considéré	Nombre de personnes exposées dans un rayon de 180 m (scénario d'effondrement d'éolienne)	Nombre de personnes exposées dans un rayon de 68 m (scenarios de chute de glace ou d'élément d'éolienne)	Nombre de personnes exposées dans un rayon de 500 m (scénario de projection de tout ou partie de pale)	Nombre de personnes exposées dans un rayon de 368,1 m (scénario de projection de glace)
E01	Prairies, forêts	0,102	0,015	0,79	0,42
	Routes non structurantes et chemin d'exploitation	-	-	0,07	0,03
	Chemins de randonnée	-	-	1,14	-
	Total :	0,102	0,015	2,00	0,45
E02	Prairies, forêts	0,102	0,015	0,78	0,42
	Routes non structurantes et chemin d'exploitation	0,002	-	0,11	0,06
	Chemins de randonnée	-	-	1,88	1,29
	Total :	0,104	0,015	2,77	1,77
E03	Prairies, forêts	0,100	0,015	0,78	0,42
	Routes non structurantes et chemin d'exploitation	0,014	-	0,11	0,06
	Chemins de randonnée	0,542	-	2,33	1,48
	Total :	0,656	0,015	3,22	1,96
E04	Prairies, forêts	0,100	0,015	0,78	0,42
	Routes non structurantes et chemin d'exploitation	0,017	-	0,14	0,08
	Chemins de randonnée	-	-	0,93	-
	Total :	0,117	0,015	1,85	0,50
E05	Prairies, forêts	0,100	0,015	0,78	0,42
	Routes non structurantes et chemin d'exploitation	0,013	-	0,11	0,08
	Chemins de randonnée	-	-	-	-
	Total :	0,113	0,015	0,89	0,50

Sources : Guide technique INERIS ; BORALEX

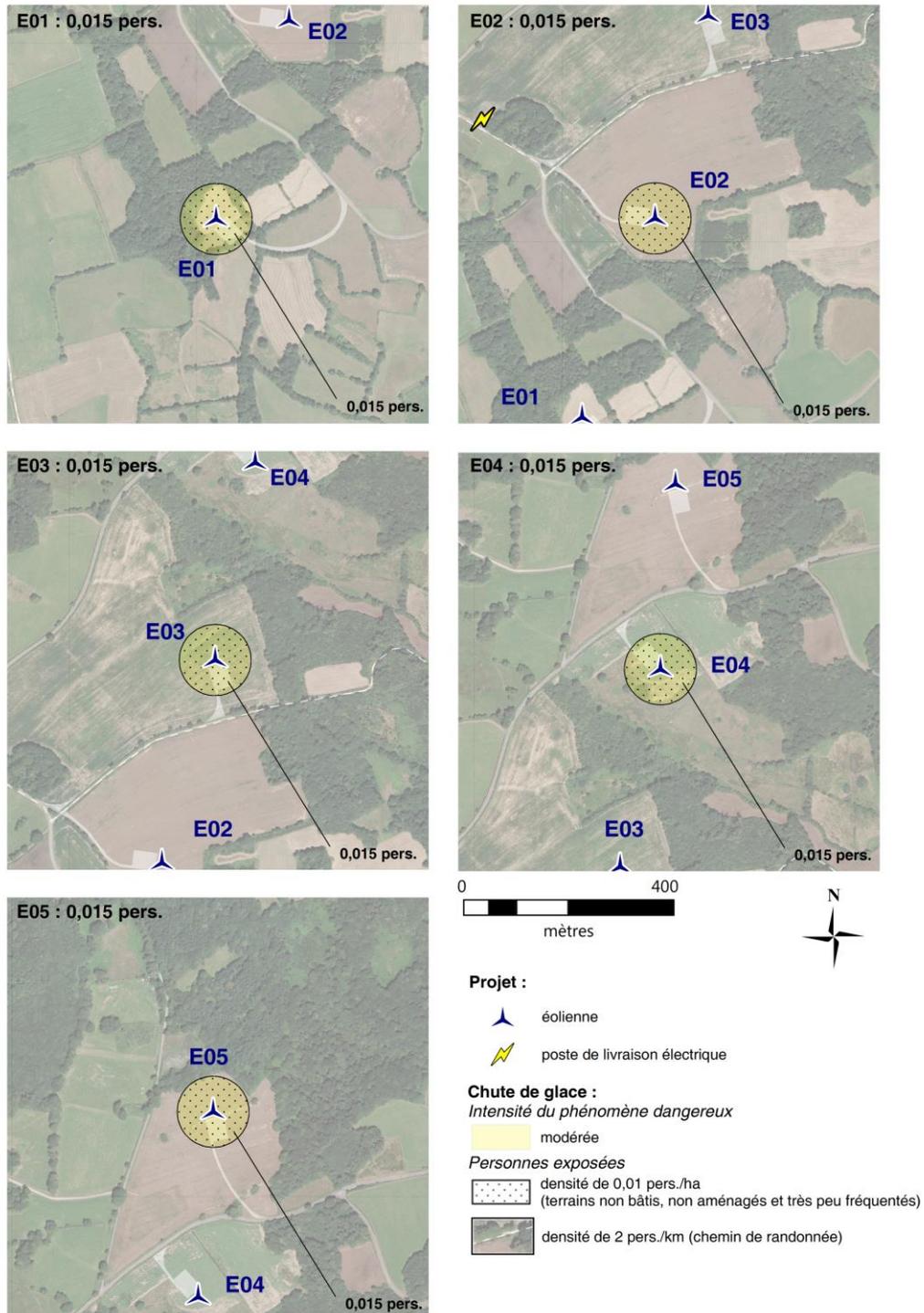
Les cartes suivantes permettent de faire la synthèse, une fois les mesures de réduction des risques mises en place, pour chaque aérogénérateur de l'installation et pour chaque scénario étudié dans la matrice de criticité, des cibles potentielles, du nombre de personnes permanentes exposées et de l'intensité des phénomènes étudiés.

Carte 25 - Synthèse du risque d'effondrement (rayon de 180 m autour de l'aérogénérateur)



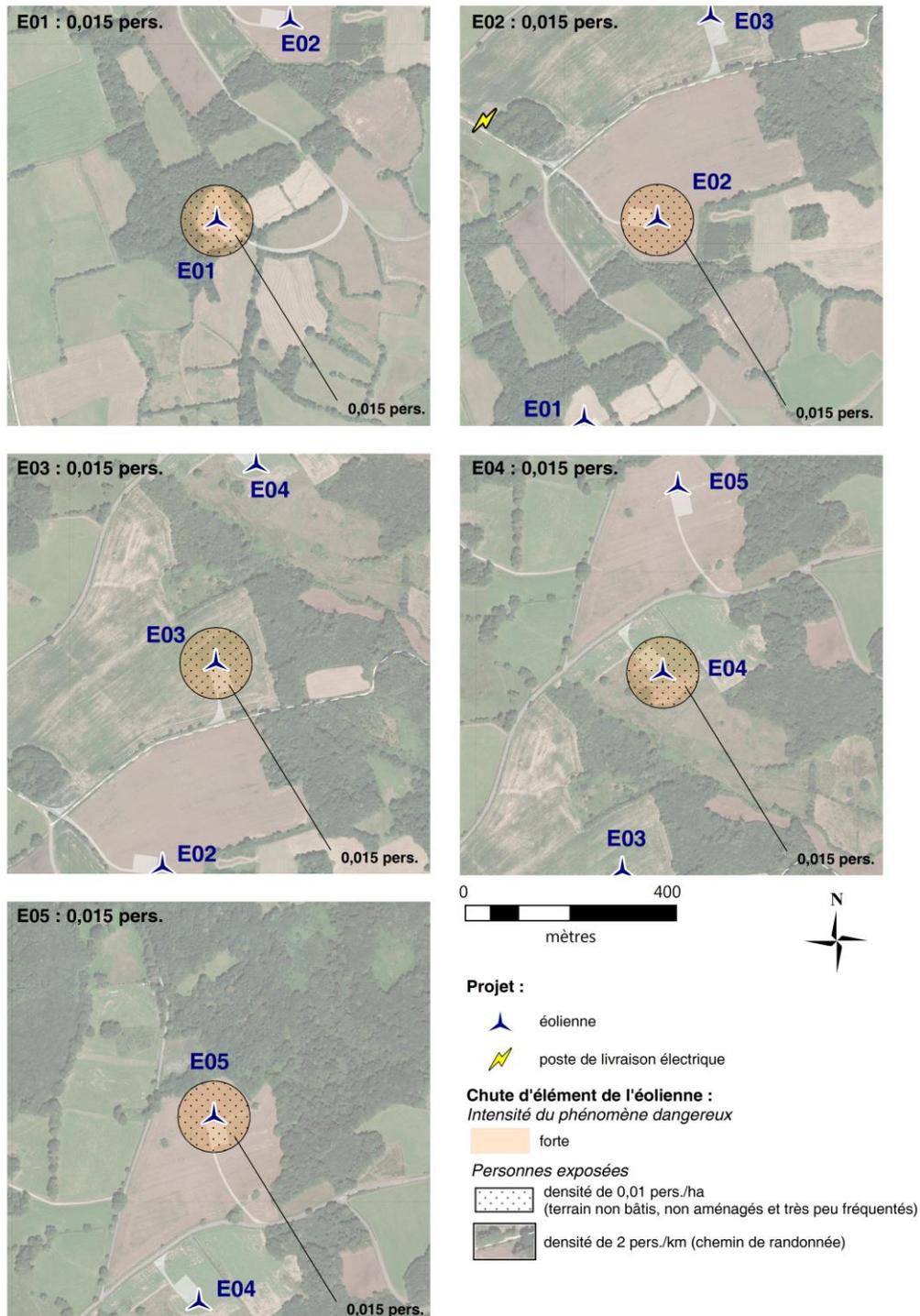
Sources : © IGN - BD ORTHO® ; BORALEX

Carte 26 - Synthèse du risque de chute de glace (rayon de 68 m autour de l'aérogénérateur)

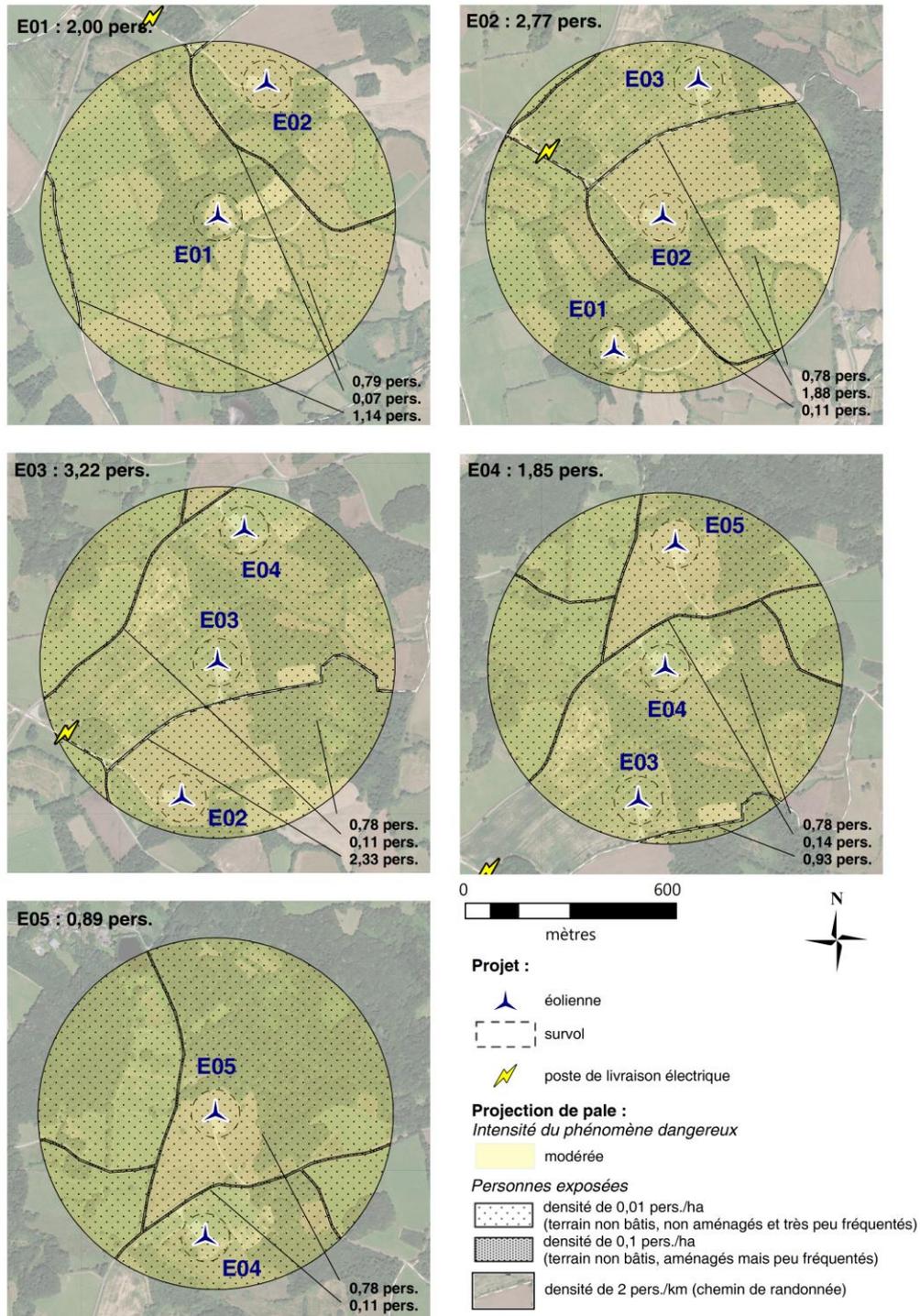


Sources : © IGN - BD ORTHO®; BORALEX

Carte -27 - Synthèse du risque de chute d'élément de l'éolienne (rayon de 68 m)

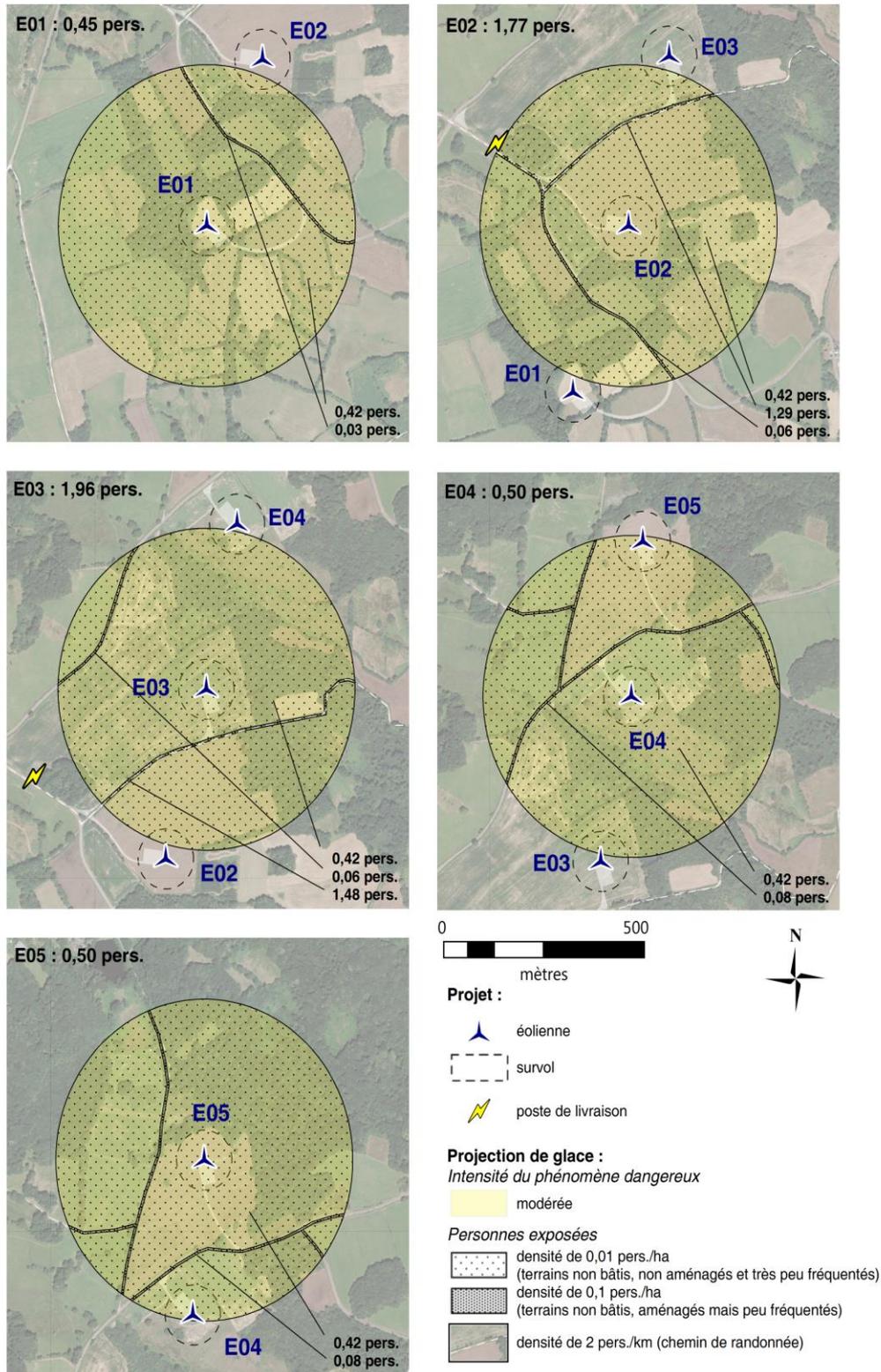


Carte 28 - Synthèse du risque de projection de pale ou fragment de pale (rayon de 500 m)



Sources : © IGN - BD ORTHO® ; BORALEX

Cartes 29 - Synthèse du risque de projection de glace (rayon de 297 m autour de l'aérogénérateur)



10 Conclusion

L'analyse de risque réalisée dans le cadre de cette étude de dangers a mis en évidence que, bien qu'étant particulièrement faibles, les principaux risques liés au projet éolien des Bruyères sont les risques de chute de glace, de projection de glace et de chute d'élément de l'éolienne.

Ces risques sont considérés comme acceptables au regard de leur probabilité d'occurrence et de leurs conséquences.

En effet, le risque de chute de glace présente une probabilité importante, puisque supérieure à 10^{-2} , mais son niveau de gravité est modéré dans la mesure où le nombre de personnes permanentes présentes dans la zone d'effet est particulièrement faible, en particulier en hiver.

Le risque de projection de glace est considéré comme moins probable que celui de chute de glace puisqu'inférieur à 10^{-2} . On peut noter aussi que les aérogénérateurs portant le niveau de gravité le plus élevé sont ceux dont les chemins de randonnée passent les plus près.

Quant au risque de chute d'élément d'éolienne, le cas majorant de chute de pale entière induit un degré d'exposition et par conséquent un niveau de gravité sérieux, mais sa probabilité est qualifiée d'improbable puisqu'inférieure à 10^{-3} .

Afin de prévenir ou de limiter les conséquences de ces accidents, des mesures de maîtrise des risques sont mises en place par BORALEX. En particulier :

- le panneautage sur les chemins d'accès à l'entrée des plate-formes de chaque aérogénérateur ;
- le panneautage sur les chemins de petite randonnée passant à proximité du parc ;
- l'éloignement des zones habitées et fréquentées ;
- le contrôle régulier des fondations et des pièces d'assemblage.

Conjointement aux mesures de maîtrise des risques purement techniques telles que le choix d'un éloignement de l'installation aux zones fréquentées ou encore l'application des contrôles techniques, des moyens de prévention comportementaux sont employés. La formation du personnel qualifié et l'information des différentes parties prenantes (agriculteurs, randonneurs...) permettent aussi de limiter à la source le risque d'occurrence et la gravité des accidents étudiés jusqu'à ce qu'à le rendre acceptable

Finalement, l'analyse des risques du parc éolien des Bruyères menée dans la présente étude de dangers permet de conclure que l'ensemble des mesures prises par BORALEX dans le cadre de la conception et de l'exploitation de son installation suffisent à 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.

11 Tables des illustrations

Figure 1 - Schéma de la démarche de l'étude de dangers	8
Figure 2 - Températures moyennes mensuelles	30
Figure 3 - Histogramme des précipitations en mm.....	31
Figure 4 - Nombre de jours par mois où les pluies ont été supérieures à 10 mm .	31
Figure 5 - Nombre de jours de neige mensuel.....	32
Figure 6 - Nombre de jours de brouillard mensuel	32
Figure 7 - Rose des vents et courbe de Weibull	33
Figure 8 - Nombre d'heures d'insolation	34
Figure 9 - Retrait-gonflement des argiles consécutif à la sécheresse	36
Figure 10 - Effondrement de cavités souterraines	38
Figure 11 - Nombre de jours d'orage.....	38
Figure 12 - Schéma simplifié d'un aérogénérateur	54
Figure 13 - Illustration des emprises au sol d'une éolienne	55
Figure 14 - Exemples de panneaux d'avertissement à l'entrée des plateformes des éoliennes.....	74
Figure 15 - Panneaux d'avertissement sur les portes des aérogénérateurs et du poste de livraison	75
Figure 16 - Formation d'évacuation et de sauvetage à personne sur site pour le personnel BORALEX.....	75
Figure 19 - Schéma d'enfouissement des câbles du réseau inter-éolien	82
Figure 18 - Raccordement électrique des installations	83
Figure 19 - Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011	93
Figure 20 - Répartition des évènements accidentels sur le parc éolien français depuis mai 2012.....	94
Figure 21 - Répartition des causes principales sur le parc éolien français depuis mai 2012	94
Figure 22 - Répartition des événements dans le monde entre 2000 et 2011.....	95
Figure 23 - Répartition des causes premières d'effondrement.....	96
Figure 24 - Répartition des causes premières de ruptures de pales	96

Figure 25 - Répartition des causes premières d'incendie	96
Figure 26 - Évolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées.....	98
Tableau 1- Rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées	3
Tableau 2 - Hiérarchisation des scénarios d'accident	9
Tableau 3 - Légende du tableau de hiérarchisation des scénarios d'accident.....	9
Tableau 4 - Nombre de personnes exposées par secteur homogène des zones d'étude 13	
Tableau 5 - Catastrophes naturelles	39
Tableau 6 - Distances de chacune des éoliennes aux routes les plus proches (en m).42	
Tableau 7 - Synthèse du nombre de personnes exposées par secteur des zones d'étude par la méthode basée sur la fiche n° 1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.....	46
Tableau 8 - Détails des différentes caractéristiques des éoliennes envisagées	57
Tableau 9 - Coordonnées géographiques des éoliennes	58
Tableau 10 - Découpage fonctionnel de l'installation	61
Tableaux 11 - Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 en matière de sécurité de l'installation.....	63
Tableau 12 - Opérations de maintenance prévues sur le parc éolien des Bruyères	80
Tableau 13 - Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation	89
Tableau 14 - Agressions externes liées aux activités humaines.....	102
Tableau 15 - Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	103
Tableau 16 - Scénarios établis selon les événements	105
Tableaux 17 - Fonctions de sécurité	109
Tableau 18 - Scénarios exclus de l'étude détaillée des risques.....	117
Tableau 19 - Degrés d'exposition.....	119
Tableau 20 - Niveaux de gravité.....	120
Tableau 21 - Niveaux de probabilité.....	120
Tableau 22 - Dimensions caractéristiques des aérogénérateurs selon le modèle étudié (en mètres).....	122
Tableau 23 - Calcul de l'intensité pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne	123

Tableau 24 - Analyse de la gravité pour le phénomène d'effondrement d'éolienne	124
Tableau 25 - Probabilité pour l'effondrement d'éolienne.....	124
Tableau 26 - Acceptabilité pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne.....	125
Tableau 27 - Calcul de l'intensité pour le phénomène de chute de glace	126
Tableau 28 - Analyse de la gravité pour le phénomène de chute de glace	127
Tableau 29 - Acceptabilité pour le phénomène de chute de glace.....	127
Tableau 30 - Calcul de l'intensité pour le phénomène de chute d'élément de l'éolienne	128
Tableau 31 - Analyse de la gravité pour le phénomène de chute d'élément de l'éolienne	129
Tableau 32 - Acceptabilité pour le phénomène de chute d'élément d'éolienne ...	130
Tableau 33 - Calcul de l'intensité pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale.....	131
Tableau 34 - Analyse de la gravité pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale.....	132
Tableau 35 - Probabilité pour la projection de pale ou de fragment de pale.....	132
Tableau 36 - Acceptabilité pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale	133
Tableau 37 - Calcul de l'intensité pour le phénomène de projection de glace	134
Tableau 38 - Analyse de la gravité pour le phénomène de projection de glace...	135
Tableau 39 - Acceptabilité pour le phénomène de projection de glace	135
Tableau 40 - Synthèse des scénarios étudiés	136
Tableau 41 - Matrice de criticité	137
Tableau 42 - Légende de la matrice de criticité.....	137
Tableau 43 - Nombre de personnes exposées par secteur homogène des zones d'effet	139
Tableau 44 --Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic	151
Cartes 1- Situation de l'installation	5
Carte 2 - Synthèse du risque d'effondrement (rayon de 180 m autour de l'aérogénérateur).....	14
Carte 3 - Synthèse du risque de chute de glace (rayon de 68 m autour de l'aérogénérateur).....	15

Carte 4 - Synthèse du risque de chute d'élément de l'éolienne (rayon de 68 m autour de l'aérogénérateur).....	16
Carte 5 - Synthèse du risque de projection de pale ou fragment de pale (rayon de 500 m autour de l'aérogénérateur)	17
Carte 6 - Synthèse du risque de projection de glace (rayon de 368,1 m autour de l'aérogénérateur).....	17
Carte 7 - Localisation générale du site.....	21
Cartes 8 - Situation de l'installation	23
Cartes 9 - Distances aux zones d'habitations les plus proches	25
Cartes 10 – Établissements recevant du public.....	26
Cartes 11 – Autres activités et itinéraire de randonnée.....	28
Cartes 12 - Synthèse de l'environnement humain	29
Carte 13 - Zonage sismique de la France.....	35
Carte 14 - Risques de retrait-gonflement des argiles.....	37
Carte 15 - Risque de remontée de nappes	40
Cartes 16 - Voies de communication dans les zones d'étude	43
Cartes 17 - Réseaux publics et privés des zones d'étude	45
Carte 18 - Synthèse des enjeux à protéger (éolienne E01)	48
Carte 19 - Synthèse des enjeux à protéger (éolienne E02)	49
Carte 20 - Synthèse des enjeux à protéger (éolienne E03)	50
Carte 21 - Synthèse des enjeux à protéger (éolienne E04)	51
Carte 22 - Synthèse des enjeux à protéger (éolienne E05)	52
Cartes 23 - Plan détaillé de l'installation	59
Carte 24 Raccordement inter-éolien du projet éolien des Bruyères.....	85
Carte 26 - Synthèse du risque d'effondrement (rayon de 180 m autour de l'aérogénérateur).....	140
Carte 27 - Synthèse du risque de chute de glace (rayon de 68 m autour de l'aérogénérateur).....	141
Carte -28 - Synthèse du risque de chute d'élément de l'éolienne (rayon de 68 m).....	142
Carte 29 - Synthèse du risque de projection de pale ou fragment de pale (rayon de 500 m).....	143
Cartes 30 - Synthèse du risque de projection de glace (rayon de 297 m autour de l'aérogénérateur).....	144

12 Annexes

ANNEXE 1 – MÉTHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DÉTERMINATION DE LA GRAVITÉ POTENTIELLE D'UN ACCIDENT À PROXIMITÉ D'UNE ÉOLIENNE

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet se base sur la fiche n° 1 de la circulaire du 10 mai 2010 [11] relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées dans chacune des zones d'effet des phénomènes dangereux identifiés.

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation (paragraphe 4), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.

D'autre part, cette méthode permet ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dangereux retenu dans l'étude détaillée des risques (paragraphe 9).

12.1.1 TERRAINS NON BÂTIS

Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.

Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plates-formes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gares de triage...) : compter 1 personne par tranche de 10 hectares.

Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignade surveillées, terrains de sport (sans gradins néanmoins...)) : compter la capacité du terrain et a minima 10 personnes à l'hectare.

12.1.2 VOIES DE CIRCULATION

Les voies de circulation n'ont à être prises en considération que si elles sont empruntées par un nombre significatif de personnes. En effet, les voies de circulation non structurantes (< 2000 véhicules/jour) sont déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

12.1.2.1 Voies de circulation automobile

Dans le cas général, on comptera 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

Exemple : 20 000 véhicules/jour sur une zone de 500 m = $0,4 \times 0,5 \times 20\ 000/100 = 40$ personnes.

Tableau 44 —Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic

		Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic									
		Linéaire de route compris dans la zone d'effet (en m)									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Trafic (en véhicules/jour)	2 000	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8
	3 000	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,8	12
	4 000	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16
	5 000	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	7 500	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
	10 000	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	20 000	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
	30 000	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
	40 000	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160
	50 000	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
	60 000	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
	70 000	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280
	80 000	32	64	96	128	160	192	224	256	288	320
90 000	36	72	108	144	180	216	252	288	324	360	
100 000	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	

Source Guide technique INERIS

12.1.2.2 Voies ferroviaires

Train de voyageurs : compter 1 train équivalent à 100 véhicules (soit 0,4 personne exposée en permanence par kilomètre et par train), en comptant le nombre réel de trains circulant quotidiennement sur la voie.

12.1.2.3 Voies navigables

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

12.1.2.4 Chemins et voies piétonnes

Les chemins et voies piétonnes ne sont pas à prendre en compte, sauf pour les chemins de randonnée, car les personnes les fréquentant sont généralement déjà comptées comme habitants ou salariés exposés.

Pour les chemins de promenade, de randonnée : compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne.

12.1.3 LOGEMENTS

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

12.1.4 ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Compter les ERP (bâtiments d'enseignement, de service public, de soins, de loisirs, religieux, grands centres commerciaux etc.) en fonction de leur capacité d'accueil (au sens des catégories du Code de la construction et de l'habitation), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès (cf. paragraphe sur les voies de circulation automobile).

Les commerces et ERP de catégorie 5 dont la capacité n'est pas définie peuvent être traités de la façon suivante :

- compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse et coiffeur) ;
- compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes et bureaux de poste.

Les chiffres précédents peuvent être remplacés par des chiffres issus du retour d'expérience local pour peu qu'ils restent représentatifs du maximum de personnes présentes et que la source du chiffre soit soigneusement justifiée.

Une distance d'éloignement de 500 m aux habitations est imposée par la loi. La présence d'habitations ou d'ERP se rencontreront peu en pratique.

12.1.5 ZONES D'ACTIVITÉS

Zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas habituellement de public) : prendre le nombre de salariés (ou le nombre maximal de personnes présentes simultanément dans le cas de travail en équipes), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès.

ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2011. L'analyse de ces données est présentée dans la partie VI de la trame type de l'étude de dangers.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port-La Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port-La Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	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	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne-sur-Mer	Pas-de-Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des neuf éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de trois des quatre micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mât qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137 kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000 m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (L'Est républicain 22/07/2008)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (L'Est républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	30/05/2010	Port-La Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Coteaux	Loire-Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne)	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Rupture de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	2	2008	Oui	Décrochage d'une pale et chute au pied de l'éolienne	Corrosion anormale	Base de données ARIA	
Effondrement	30/05/2012	Port-la-Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut	Base de données ARIA	
Projection	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5 MW	2011	Oui	Élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât dans une parcelle clôturée.	Recherche de cause par l'exploitant	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	05/11/2012	Sigean	Aude	6,6 MW	2000	Non	Le feu s'est déclaré en partie basse de l'éolienne (transformateur ou armoire basse tension). Les flammes ont ensuite atteint la nacelle à l'intérieur du mât. 80 m ² de garrigue environnante endommagée		Base de données ARIA	
Chute de pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	29,9	2006	Oui	Pale tombée au pied de l'éolienne - rotation automatiquement stoppée du fait d'un "défaut vibration"	Défaut de conception	Base de données ARIA	
Incendie	14/03/2013	Fère-Champenoise-Euvy-Corroy	Marne	45	2011	Oui	Départ de feu du rotor	Défaillance électrique	Base de données ARIA	
Rupture de pale	20/06/2013	La Bastide-sur-Besorgues	Ardèche	0,9	2009	*Oui	Pale déchirée sur 6 m de longueur	Foudre	Base de données ARIA	Accident exceptionnel - aucune dérive du parafoudre mise en évidence
Projection d'élément	01/07/2013	Cambon et Salvergues	Hérault	29,9	2006	Oui	Opérateur blessé par la projection d'une partie amovible de lequel il intervient.	Défaut de conception	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Épandage de produit chimique	03/08/2013	Moréac	Morbihan	16	2010	Oui	Pollution du sol par le produit. Excavation et envoi de la terre souillée en filière spécialisée		Base de données ARIA	
Incendie	09/01/2014	Vents de Thiérache 2	Ardennes	15	2013	Oui	Départ de feu dans les nacelles		Www.Sdis08.com	
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	6,6	2000	Non	Pale tombée au pied de l'éolienne – rotation automatiquement stoppée du fait d'un « défaut vibration ».	Défaut de conception	Base de données ARIA	
Rupture de pale	14/11/2014	Sources de la Loire	Ardèche	18	2011	Oui	L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m.	Foudre	Base de données ARIA	
Rupture de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	11,7	2006	Oui	L'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aéérofrein de la pale. Elle est retrouvée à 80 m du mât.	Défaillance matérielle ou décollage sur les plaques en fibre de verre. Expertise en cours	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Feu d'éolienne	29/01/2015	Rémigny-ly-Fontaine	Aisne	18,4	Mars 2015	Oui	Les dommages matériels sont estimés à 150 k€. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés.	Défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance qui serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie.	Base de données ARIA	Feu d'éolienne
Feu d'éolienne	06/02/2015	La Tourette	Deux-Sèvres	12	Avril 2011	Oui	Un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Éolienne hors service le temps des réparations		Base de données ARIA	Feu d'éolienne
Feu d'éolienne	24/08/2015	Le Champ Besnard	Eure-et-Loir	10	Février 2007	Oui	Feu déclaré sur la nacelle		Base de données ARIA	Feu d'éolienne
Chute des pales et du rotor d'une éolienne	10/11/2015	Ménil la Horgne	Meuse		Mars 2007	Oui	Les trois pales et le rotor d'une éolienne étaient tombés de leur mât, écrasant dans leur chute un transformateur.	Défaillance de l'arbre lent : défaut de fabrication de la pièce. Une non-conformité dans le processus de moulage de cette pièce de fonderie en acier est suspectée. Un défaut métallurgique, de type inclusion de laitier, aurait fragilisé la pièce et conduit à sa rupture par fatigue.	Base de données ARIA	Chute des pales et du rotor d'une éolienne

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne	07/02/2016	Cornilhac-Corbières	11	9,2 MW	2014	oui	L'aérofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol	Un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérofrein.	Base de données ARIA	Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne
Chute d'une pale	08/02/2016	Dineault	29	1,2 MW	1999	non	Une pale chute au sol, une autre se déchire.	Tempête avec vents à 160 km/h	Base de données ARIA	Chute d'une pale
Chute d'une pale	07/03/2016	Calanhel	22	0,8 MW	2009	oui	Une pale chute au sol, le mât est endommagé dans sa partie haute, sans présenter de risque de chute	Défaillance du système d'orientation de la pale	Base de données ARIA	Chute d'une pale
Fuite d'huile dans une éolienne	28/05/2016	Janville	28	11,5 MW	2005	oui	Écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne	Base de données ARIA	Fuite d'huile

ANNEXE 3 – SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

Cette partie apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarios étudiés par le groupe de travail technique dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques.

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie 8.4. de la trame type de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accidents pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

La numérotation des scénarios ci-dessous reprend celle utilisée dans le tableau de l'analyse préliminaire des risques, avec un regroupement des scénarios par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience par le groupe de travail (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

12.1.6 SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIÉS À LA GLACE (G01 ET G02)

12.1.6.1 Scénario G01

En cas de formation de glace, les systèmes de prévention intégrés stopperont le rotor. La chute de ces éléments interviendra donc dans l'aire surplombée par le rotor, le déport induit par le vent étant négligeable.

Plusieurs procédures/systèmes permettront de détecter la formation de glace :

- système de détection de glace ;
- arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor ;
- arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre.

12.1.6.2 Scénario G02

La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels redémarrage de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mouvement, simultanément à une défaillance des systèmes de détection de givre et de balourd.

Aux faibles vitesses de vent (vitesse de démarrage ou « cut in »), les projections resteront limitées au surplomb de l'éolienne. À vitesse de rotation nominale, les éventuelles projections seront susceptibles d'atteindre des distances supérieures au surplomb de la machine.

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

Les éventuels incendies interviendront dans le cas où plusieurs conditions seraient réunies (ex. : foudre + défaillance du système parafoudre = incendie).

Le moyen de prévention des incendies consiste en un contrôle périodique des installations.

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples vous sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des scénarios devant être regardé :

- découper l'installation en plusieurs parties : rotor, nacelle, mât, fondation et poste de livraison ;
- déterminer à l'aide de mots clés les différentes causes (cause 1, cause 2) d'incendie possibles.

L'incendie peut aussi être provoqué par l'échauffement des pièces mécaniques en cas d'emballement du rotor (survitesses). Plusieurs moyens sont mis en place en matière de prévention :

- concernant le défaut de conception et fabrication : contrôle qualité ;
- concernant le non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : formation du personnel intervenant, contrôle qualité (inspections) ;
- concernant les causes externes dues à l'environnement : mise en place de solutions techniques visant à réduire l'impact. Suivant les constructeurs, certains dispositifs sont de série ou en option. Le choix des options est effectué par l'exploitant en fonction des caractéristiques du site.

L'emballement peut notamment intervenir lors de pertes d'utilité. Ces pertes d'utilité peuvent être la conséquence de deux phénomènes :

- perte de réseau électrique : l'alimentation électrique de l'installation est nécessaire pour assurer le fonctionnement des éoliennes (orientation, appareils de mesures et de contrôle, balisage...);
- perte de communication : le système de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance du parc peut être interrompu pendant une certaine durée.

Concernant la perte du réseau électrique, celle-ci peut être la conséquence d'un défaut sur le réseau d'alimentation du parc éolien au niveau du poste source. En fonction de leurs caractéristiques techniques, le comportement des éoliennes face à une perte d'utilité peut être différent (fonction du constructeur).

Cependant, deux systèmes sont couramment rencontrés :

- déclenchement au niveau du rotor du code de freinage d'urgence, entraînant l'arrêt des éoliennes ;
- basculement automatique de l'alimentation principale sur l'alimentation de secours (batteries) pour arrêter les aérogénérateurs et assurer la communication vers le superviseur.

Concernant la perte de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance, celle-ci n'entraîne pas d'action particulière en cas de perte de la communication pendant une courte durée.

En revanche, en cas de perte de communication pendant une longue durée, le superviseur du parc éolien concerné dispose de plusieurs possibilités dont deux principales :

- mise en place d'un réseau de communication alternatif temporaire (faisceau hertzien, agent technique local...);
- mise en place d'un système autonome d'arrêt à distance du parc par le superviseur.

Les solutions aux pertes d'utilité étant diverses, les porteurs de projets pourront apporter dans leur étude de dangers une description des protocoles qui seront mis en place en cas de pertes d'utilité.

12.1.7 SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE FUITES (F01 À F02)

Les fuites éventuelles interviendront en cas d'erreur humaine ou de défaillance matérielle.

Une attention particulière est à porter aux mesures préventives des parcs présents dans des zones protégées au niveau environnemental, notamment en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable (identifiés comme enjeux dans le descriptif de l'environnement de l'installation). Dans ce dernier cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau, tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de dangers. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins...).

12.1.7.1 Scénario F01

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant..., il peut y avoir une fuite d'huile ou de graisse... alors que l'éolienne est en fonctionnement. Les produits peuvent alors s'écouler hors de la nacelle, couler le long du mât et s'infiltrer dans le sol environnant l'éolienne.

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher l'écoulement de ces produits dangereux :

- vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance ;
- détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances ;
- procédure de gestion des situations d'urgence.

Deux événements peuvent être aggravants :

- écoulement de ces produits le long des pales de l'éolienne, surtout si celle-ci est en fonctionnement.

Les produits seront alors projetés aux alentours ;

- présence d'une forte pluie qui dispersera rapidement les produits dans le sol.

12.1.7.2 Scénario F02

Lors d'une maintenance, les opérateurs peuvent accidentellement renverser un bidon d'huile, une bouteille de solvant, un sac de graisse... Ces produits dangereux pour l'environnement peuvent s'échapper de l'éolienne ou être renversés hors de cette dernière et infiltrer les sols environnants.

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher le renversement et l'écoulement de ces produits :

- kits antipollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence ;
- sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits.

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

Événement aggravant : fortes pluies qui disperseront rapidement les produits dans le sol.

12.1.7.3 Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)

Les scénarios de chutes concernent les éléments d'assemblage des aérogénérateurs : ces chutes sont déclenchées par la dégradation d'éléments (corrosion, fissures...) ou des défauts de maintenance (erreur humaine).

Les chutes sont limitées à un périmètre correspondant à l'aire de survol.

12.1.7.4 Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)

Les événements principaux susceptibles de conduire à la rupture totale ou partielle de la pale sont liés à trois types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- défaut de conception et de fabrication ;
- non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance ;
- causes externes dues à l'environnement : glace, tempête, foudre...

Si la rupture totale ou partielle de la pale intervient lorsque l'éolienne est à l'arrêt on considère que la zone d'effet sera limitée au surplomb de l'éolienne

Si l'éolienne est en fonctionnement, la zone d'effet sera déterminée en fonction de l'étude balistique et du site.

L'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale.

Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 12.3.2 de la présente Annexe 3 (partie scénarios incendies).

12.1.7.5 Scénario P01

En cas de défaillance du système d'arrêt automatique de l'éolienne en cas de survitesse, les contraintes importantes exercées sur la pale (vent trop fort) pourraient engendrer la casse de la pale et sa projection.

12.1.7.6 Scénario P02

Les contraintes exercées sur les pales — contraintes mécaniques (vents violents, variation de la répartition de la masse due à la formation de givre...), conditions climatiques (averses violentes de grêle, foudre...) — peuvent entraîner la dégradation de l'état de surface et à terme l'apparition de fissures sur la pale.

Prévention : maintenance préventive (inspections régulières des pales, réparations si nécessaire).

Facteur aggravant : infiltration d'eau et formation de glace dans une fissure, vents violents, emballement de l'éolienne.

12.1.7.7 Scénarios P03

Un mauvais serrage de base ou le desserrage avec le temps des goujons des pales pourrait amener au décrochage total ou partiel de la pale, dans le cas de pale en plusieurs tronçons.

12.1.7.8 Scénarios relatifs aux risques d’effondrement des éoliennes (E01 à E07)

Les événements pouvant conduire à l’effondrement de l’éolienne sont liés à trois types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- erreur de dimensionnement de la fondation : contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l’éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;
- non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : formation du personnel intervenant ;
- causes externes dues à l’environnement : séisme...

ANNEXE 4 – PROBABILITÉ D’ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

Le risque individuel encouru par un nouvel arrivant dans la zone d’effet d’un phénomène de projection ou de chute est appréhendé en utilisant la probabilité de l’atteinte par l’élément chutant ou projeté de la zone fréquentée par le nouvel arrivant. Cette probabilité est appelée probabilité d’accident.

Cette probabilité d’accident est le produit de plusieurs probabilités :

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

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

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

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

Par souci de simplification, la probabilité d’accident sera calculée en multipliant la borne supérieure de la classe de probabilité de l’événement redouté central par le degré d’exposition. Celui-ci est défini comme le ratio entre la surface de l’objet chutant ou projeté et la zone d’effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous récapitule les probabilités d’atteinte en fonction de l’événement redouté central.

Événement redouté central	Borne supérieure de la classe de probabilité de l’ERC (pour les éoliennes récentes)	Degré d’exposition	Probabilité d’atteinte
Effondrement	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Chute de glace	1	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$ (A)
Chute d’éléments	10^{-3}	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ (D)
Projection de tout ou partie de pale	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Projection de morceaux de glace	10^{-2}	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$ (E)

Les seuls ERC pour lesquels la probabilité d'atteinte n'est pas de classe E sont ceux qui concernent les phénomènes de chutes de glace ou d'éléments dont la zone d'effet est limitée à la zone de survol des pales et où des panneaux sont mis en place pour alerter le public de ces risques.

De plus, les zones de survol sont comprises dans l'emprise des baux signés par l'exploitant avec le propriétaire du terrain ou à défaut dans l'emprise des autorisations de survol si la zone de survol s'étend sur plusieurs parcelles. La zone de survol ne peut donc pas faire l'objet de constructions nouvelles pendant l'exploitation de l'éolienne.

ANNEXE 5 – GLOSSAIRE

Les définitions ci-dessous sont reprises de la circulaire du 10 mai 2010 [11]. Ces définitions sont couramment utilisées dans le domaine de l'évaluation des risques en France.

Accident : événement non désiré, tel qu'une émission de substance toxique, un incendie ou une explosion résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement qui entraîne des conséquences/dommages vis-à-vis des personnes, des biens ou de l'environnement et de l'entreprise en général. C'est la réalisation d'un phénomène dangereux, combinée à la présence d'enjeux vulnérables exposés aux effets de ce phénomène.

Cinétique : vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables (cf. art. 5 à 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005). Dans le tableau APR proposé, la cinétique peut être lente ou rapide. Dans le cas d'une cinétique lente, les enjeux ont le temps d'être mis à l'abri. La cinétique est rapide dans le cas contraire.

Danger : cette notion définit une propriété intrinsèque à une substance (butane, chlore...), à un système technique (mise sous pression d'un gaz...), à une disposition (élévation d'une charge...), à un organisme (microbes), etc., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable » (sont ainsi rattachées à la notion de « danger » les notions d'inflammabilité ou d'explosivité, de toxicité, de caractère infectieux, etc. inhérentes à un produit et celle d'énergie disponible [pneumatique ou potentielle] qui caractérisent le danger).

Efficacité (pour une mesure de maîtrise des risques) ou capacité de réalisation : capacité à remplir la mission/fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.

En général, cette efficacité s'exprime en pourcentage d'accomplissement de la fonction définie. Ce pourcentage peut varier pendant la durée de sollicitation de la mesure de maîtrise des risques. Cette efficacité est évaluée par rapport aux principes de dimensionnement adapté et de résistance aux contraintes spécifiques.

Événement initiateur : événement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe.

Événement redouté central : événement conventionnellement défini, dans le cadre d'une analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel. Généralement, il s'agit d'une perte de confinement pour les fluides et d'une perte d'intégrité physique pour les solides. Les événements situés en amont sont conventionnellement appelés « phase pré-accidentelle » et les événements situés en aval « phase post-accidentelle ».

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

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

La gravité des conséquences potentielles prévisibles sur les personnes, prises parmi les intérêts visés à l'article L.511-1 du Code de l'environnement, résulte de la combinaison en un point de l'espace de

l'intensité des effets d'un phénomène dangereux et de la vulnérabilité des enjeux potentiellement exposés.

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

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

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

- les mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un événement indésirable, en amont du phénomène dangereux ;
- les mesures (ou barrières) de limitation : mesures visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux ;
- les mesures (ou barrières) de protection : mesures visant à limiter les conséquences sur les enjeux potentiels par diminution de la vulnérabilité.

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-

entend que les enjeux sont effectivement exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;

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

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

- réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité ;
- réduction de l'intensité :
 - par action sur l'élément porteur de danger (ou potentiel de danger), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des vitesses de rotation, etc.,
 - réduction des dangers : la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation. La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source » ;
- réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, ou par des plans d'urgence).

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

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

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

Les définitions suivantes sont issues de l'arrêté du 26 août 2011 [9] relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.

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

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

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Énergies Renouvelables

FEE : France Énergie Éolienne (branche éolienne du SER)

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

EDD : Étude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Établissement Recevant du Public

ANNEXE 6 – BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (réf. DRA-11117406-04648A), INERIS, 2011.
- [2] NF EN 61400-1 Éoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, juin 2006.
- [3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum.
- [4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24.
- [5] 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.
- [6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004.
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006.
- [8] Oméga 10: Évaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005.
- [9] Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- [10] Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.
- [11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, conseil général du Val-de-Marne.
- [13] Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.
- [14] Alpine test site Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions, R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report, Bengt Tammelin et al., Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000.
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteutrois J.-P., juillet 2004.
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J., DEWI, avril 2003.
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005.

ANNEXE 7 – DOCUMENT EXPLICATIF DE L'EXPLOITATION ET DE LA MAINTENANCE

BORALEX

Document explicatif
de l'exploitation et
de la maintenance



1 Rappels sur l'effectif et l'organisation

La filiale française Boralex SAS compte à ce jour plus d'une centaine de salariés en France.

L'exploitation des parcs éoliens ne nécessite pas la présence de personnel en permanence sur site.

Les opérations de maintenance et les interventions sur site seront effectuées par des équipes mobiles. L'organisation de la maintenance sera composée d'une à plusieurs équipes de deux personnes compétentes. Les interventions pourront être effectuées 24h/24 et 7j/7 (système d'astreinte).

2 Engagement sécurité

La société Boralex place la sécurité de ses salariés et de toutes les personnes intervenant sur ses sites au premier plan dans la gestion de ses activités et dans ses prises de décision. La prévention des risques métiers (Construction, Exploitation & Maintenance) est sa priorité.

Dans la conduite de ses projets et de ses actions au quotidien, Boralex cherche en permanence à améliorer les conditions de sécurité et à maîtriser au maximum les risques métiers. En plus de la mise en place de mesures de sécurité techniques et organisationnelles, la société déploie depuis 2012 une démarche d'amélioration de la performance sécurité orientée sur le comportement humain selon les programmes reconnus à l'international SafeStart® et SafeTrack®.

3 Exploitation & maintenance

L'organisation de la maintenance et de l'exploitation permet de garantir les conditions optimales de sécurité des installations.

3.1 EXPLOITATION

L'objectif est de satisfaire les exigences du gestionnaire du réseau (ERDF) en lui fournissant de l'électricité répondant aux critères de qualité demandés.

Les activités d'exploitation comprennent la relation avec ERDF, la gestion des astreintes, la coordination des arrêts programmés pour des raisons liées au réseau ou à la maintenance, le traitement des informations du DEIE (Dispositif d'Échange et d'Information d'Exploitation)...

3.2 MAINTENANCE

L'objectif est de garantir la pérennité des installations et de maintenir l'état de conservation.

La maintenance des installations peut être, soit sous-traitée à des sociétés spécialisées, soit réalisée par des équipes de maintenance de l'exploitant, soit sur des solutions mixtes selon le type de maintenance. La société Boralex est organisée pour réaliser elle-même certaines opérations de maintenance.

L'organisation de la maintenance est généralement composée d'une à plusieurs équipes de deux personnes compétentes dont le rayon d'action n'excède pas la centaine de kilomètres. L'intervention est donc rapide 24h/24 et 7j/7 (système d'astreinte en place).

La maintenance préventive et corrective est réalisée selon les recommandations et les procédures établies par le constructeur, conformément aux obligations réglementaires applicables.

3.2.1 MAINTENANCE PRÉVENTIVE

Elle correspond à des interventions programmées selon les manuels de maintenance fournis par le constructeur et conformes à la réglementation en vigueur. Elle requiert des moyens matériels et humains. Elle peut recouvrir les interventions suivantes :

- l'entretien des installations électriques et mécaniques (état mécanique des équipements, niveaux d'huile, changement de filtres...) ;
- la vérification du transformateur ;
- la vérification périodique des installations électriques par un organisme de contrôle ;
- les vérifications périodiques obligatoires (équipements anti-incendie, équipements et accessoires de levage, élévateur de personnel...) par un organisme de contrôle ;
- le changement d'huile du multiplicateur;
- les opérations de contrôle ;
- l'inspection visuelle des pales ;
- l'entretien des abords...

3.2.2 MAINTENANCE CURATIVE

Elle consiste à réparer ou changer les composants lorsque ceux-ci sont en panne.

Le fonctionnement des éoliennes est surveillé en permanence par un système de supervision. La surveillance peut être double, réalisée simultanément par le constructeur/mainteneur et par l'exploitant.

Elle permet :

- le diagnostic et l'analyse de leur performance en permanence ;
- la réalisation de certaines commandes à distance ;
- d'assurer la transmission de l'alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement. Les éoliennes sont aussitôt relancées si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. En cas d'arrêts liés à des déclenchements de capteurs de sécurité (survitesses, détecteur d'arc ou d'incendie...), une intervention humaine sur l'éolienne est obligatoire pour examiner l'origine du défaut et acquiescer l'alarme avant de pouvoir relancer le démarrage.

4 Accidents et premiers secours

4.1 ARTICLES R. 4224-14 ET SUIVANTS DU CODE DU TRAVAIL

Sur le parc éolien, le travail se fera toujours au minimum en binôme. Si les membres de l'équipe doivent se séparer, même brièvement, ils devront rester en communication pour assurer leur sécurité mutuelle à l'aide d'un téléphone portable ou un talkie-walkie.

Lors d'une intervention sur une éolienne, celle-ci sera arrêtée et mise en fonctionnement local (pas d'action possible à distance). Lors d'une intervention dans le rotor, celui-ci sera bloqué mécaniquement.

Dès leur arrivée et avant toute intervention, les intervenants devront prévenir les équipes d'exploitation à distance au numéro d'astreinte. Les équipes d'exploitation à distance seront de nouveau appelées lorsqu'ils quittent le site.

Un numéro de téléphone d'astreinte permettra à Boralex de contrôler les interventions sur site, de gérer la co-activité en cas de présence de plusieurs intervenants sur site, de prendre connaissance de toute anomalie du fonctionnement des installations, ou encore d'agir en cas de non-conformité.

Les divers moyens de prévention et de secours prévus par la réglementation seront par ailleurs mis à disposition du personnel au niveau des éoliennes et dans les véhicules utilisés lors de l'exploitation des éoliennes. Les salariés auront ainsi à leur disposition les éléments de sécurité suivants (liste non exhaustive) :

- Trousse de premiers secours ;
- Dispositifs de communication (téléphone portable) ;
- Extincteurs tous feux ;
- Divers outils.

4.2 DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ

Les éoliennes seront dotées de dispositifs de sécurité permettant leur arrêt automatique lorsqu'elles se trouvent en dehors des conditions normales de fonctionnement. Les systèmes de freinage permettant d'assurer la sécurité de l'éolienne seront de deux types :

- système de freinage par calage variable des pales et aérofreins (freinage aérodynamique), alimenté par des batteries de secours en cas de coupure d'électricité,
- frein mécanique en complément du frein aérodynamique et système indépendant de la manœuvre de chaque pale, permettant de compenser en cas de panne de l'une des commandes

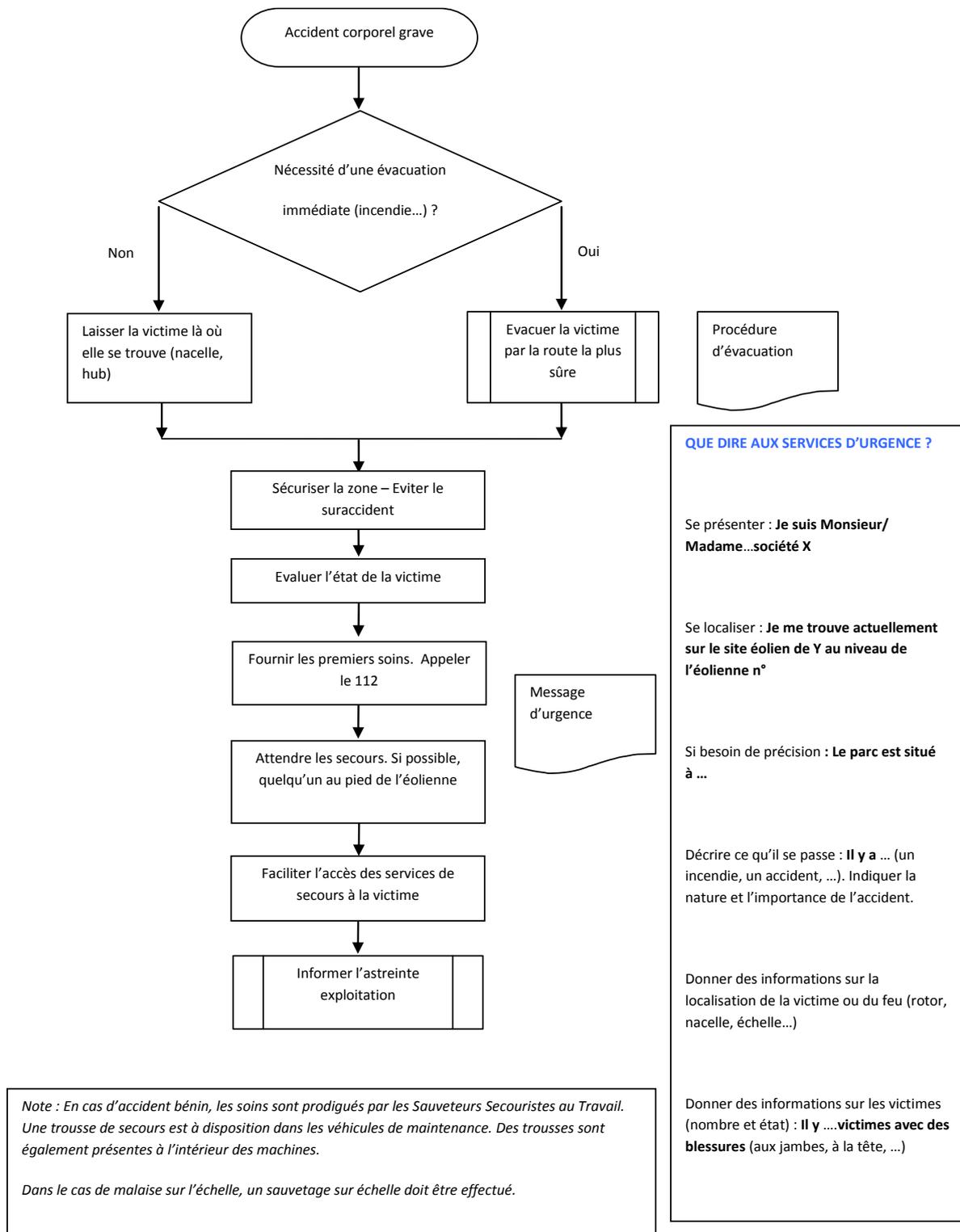
L'éolienne s'arrêtera également de manière manuelle en cas d'activation des arrêts d'urgence, localisés à différents endroits de la machine (fût, nacelle, rotor). Ces dispositifs pourront donc être actionnés par les intervenants en cas de situation anormale sur le site.

L'ensemble des dispositifs de sécurité fera l'objet de contrôles réguliers conformément à la réglementation applicable et aux recommandations du constructeur. Ces contrôles seront repris dans les protocoles de maintenance (test des arrêts d'urgence, tests des arrêts en cas de survitesse, contrôle du frein à disque,...).

4.3 PROCÉDURES D'URGENCE

Boralex tient à la disposition de ses employés et éventuels sous-traitants des procédures d'urgence qui décrivent la conduite à tenir en cas d'accident au cours des interventions sur site.

Figure 1 : Exemple de procédure d'urgence en cas d'accident corporel grave



Source : Boralex

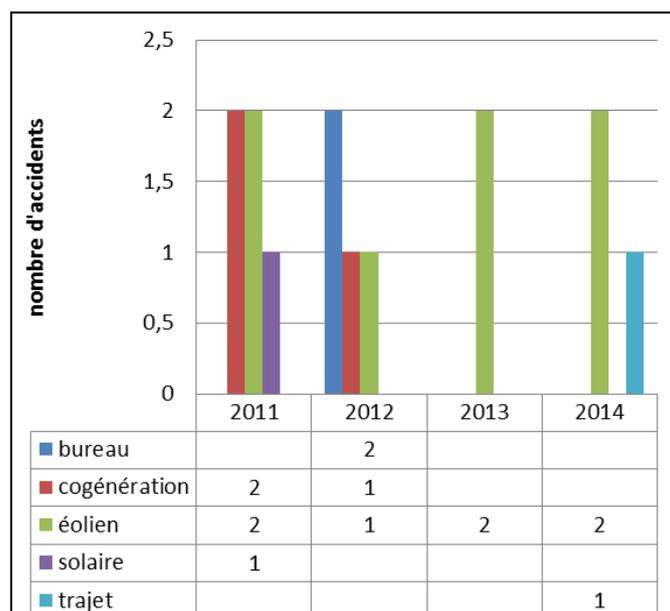
4.4 SUIVI DES INCIDENTS, ACCIDENTS ET PRESQU'ACCIDENTS

Boralex assure un suivi continu des événements (accidents avec arrêt de travail, accidents sans arrêt de travail, incidents, presqu'accidents) sur l'ensemble de ses installations, que cela concerne le personnel Boralex ou bien les sous-traitants. Ce suivi permet d'être proactif par rapport aux événements les plus fréquents.

A chaque déclaration d'événement (procédure obligatoire pour le moindre événement, même minime), des mesures sont systématiquement prises afin d'en déterminer la cause et mettre en place les actions qui permettront d'éviter qu'ils ne se reproduisent.

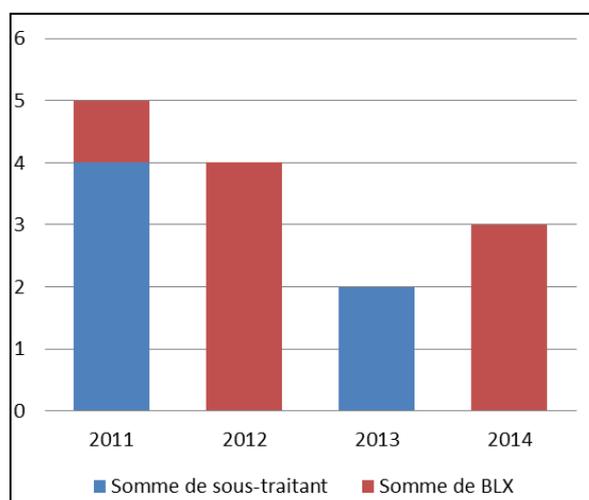
Chaque année, des fiches de suivi d'événements sont diffusées à l'ensemble des salariés de Boralex.

Tableau 1 : Nombre d'accidents (avec et sans arrêt) par type d'activités



Source : Boralex

Tableau 2 : Nombre d'accidents (avec et sans arrêt) par catégorie de personnel



Source : Boralex

Tableau 3 : Exemple de suivi d'évènements

Nature	Date de l'évènement	Date de réception de l'information	Délai transmission information (en jours)	Comment a été transmise l'information	Site	Description de l'évènement	Concerne qui? quoi?
Presqu'accident	24/02/2013	26/02/2013	2	appel du superviseur du site	Parc éolien (43)	Alors qu'il souhaite se rendre sur le site dont une partie des machines est en arrêt « givre », le technicien roule à faible vitesse pour s'arrêter à une intersection, le pick up part en glissade dans la petite descente et percute un muret.	Véhicule Boralex
Presqu'accident	28/05/2013	28/05/2013	0	appel technicien	Parc éolien (79)	Elevateur de personnel -> basculement de la cabine d'ascenseur suite à la rupture de 3 des 4 guides latéraux. Présence de personnel Boralex à l'intérieur	Personnel Boralex
Presqu'accident	30/05/2013	30/05/2013	0	appel technicien	Parc éolien (79)	Elevateur de personnel -> projection du ressort du système de tendeur du câble de sécurité suite à sa déformation. Présence de personnel dans la zone.	Personnel Boralex
Accident avec Arrêt	25/06/2013	25/06/2013	0	appel du prestataire	Parc éolien (07)	Lors de l'intervention de vérification du treuil, l'équipement se casse et heurte le bras de l'intervenant de l'entreprise extérieure. La blessure est une déchirure musculaire	Intervenant de l'entreprise extérieure
Accident avec arrêt	12/08/2013	12/08/2013	0	appel technicien+ appel du SDIS	Parc éolien (10)	double fracture de la cheville droite suite à une perte d'équilibre suite à une rupture de la clé dynamométrique pendant une opération de desserrage	Entreprise extérieure
Incident	12/11/2013	14/11/2013	2	appel technicien -> coordinateur sécurité	Mât de mesure (43)	Le mat de mesure est tombé suite à un événement givrant. Pas de présence de personnel.	Equipements Boralex
Accident sans arrêt	10/02/2014	10/02/2014	0	appel technicien -> coordinateur sécurité	Parc éolien (62)	Un barreau d'échelle a cédé lors de la montée d'un technicien Boralex	Technicien Boralex
Accident sans arrêt	14/04/2014	14/04/2014	0	appel technicien -> coordinateur sécurité	Parc éolien (62)	Durant la maintenance, Un technicien a reçu une projection d'huile sur le visage. Il s'est immédiatement rincé les yeux et la bouche. Par la suite, il est allé consulter un ophtalmologiste	Technicien Boralex
Accident sans arrêt	29/08/2014	29/08/2014	0	appel technicien	Cogénération (62)	Durant un déplacement routier, un technicien a subi un accident. Il s'est assoupi et a terminé sa course contre un poteau électrique. Il a subi un choc au genou sans grande gravité	Technicien Boralex/ Véhicule

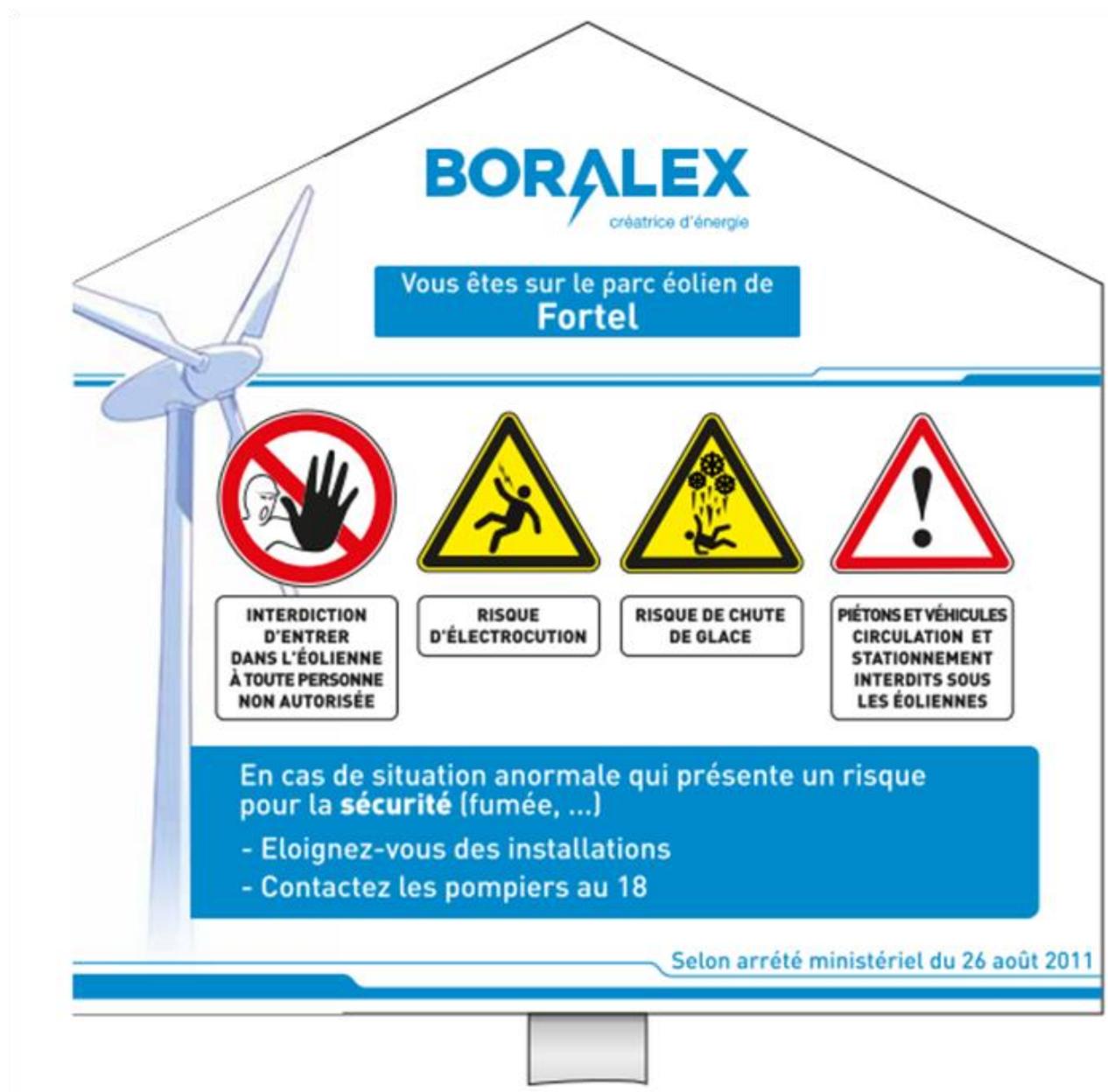
Source : Boralex

4.5 AFFICHAGE RÉGLEMENTAIRE

Au niveau du parc éolien, un panneau d'avertissement aux dangers sera positionné à l'entrée de chaque plateforme d'éolienne. Il mentionnera, conformément aux prescriptions de l'arrêté du 26 Août 2011 (article 14) :

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

Figure 2 : Panneau type d'avertissement à l'entrée des plateformes des éoliennes (exemple)



Source : Boralex

4.6 TRAVAUX EN HAUTEUR

Décret n°2004-924 du 1 septembre 2004

L'accès extérieur à chaque éolienne se fera par un escalier équipé de garde-corps.

A l'intérieur de l'éolienne sera disposée une échelle verticale fixe équipée d'un système d'assurage rigide (rail ou câble) afin de permettre l'accès sécurisé aux parties hautes (nacelle, moyeu). Les éoliennes disposeront d'un élévateur de personnel. En cas d'absence de l'élévateur, un dispositif mécanique d'aide à la montée sur l'échelle verticale sera installé.

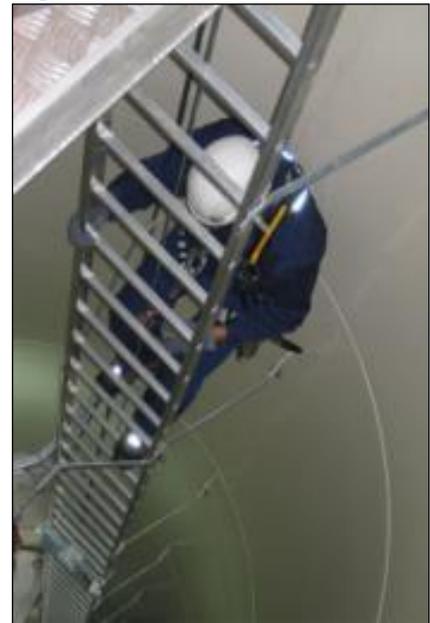
L'échelle verticale sera munie régulièrement de paliers de repos mobiles. Une plate-forme sécurisée sera en outre prévue au passage de chaque segment de section.

Plusieurs points d'ancrage seront installés à l'intérieur de l'éolienne, dans la nacelle mais également sur le toit afin de permettre une sécurisation des intervenants. Les points d'ancrage en nacelle seront principalement utilisés lors d'opérations nécessitant d'ouvrir les accès (trappes, toit de la nacelle...). Ils seront clairement identifiés dans chaque éolienne. Chaque point d'ancrage sera certifié selon la norme EN795.

Le risque de chute de hauteur dans l'éolienne est important ; pour éviter cela, il est obligatoire d'utiliser des systèmes antichute adaptés aux rails lors de la montée dans les éoliennes ou lors du travail sur le toit de la nacelle ou de l'accès au moyeu.

Source : Boralex

Figure 3 : Échelle verticale fixe



4.7 INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

Décrets n°2010-1016/1017/1018/1118

Il est interdit aux salariés de Boralex de travailler sous tension. Les installations seront systématiquement mises hors tension sur le périmètre d'intervention en respectant les étapes de consignation électrique dictées par la norme NF C18-510.

Les travailleurs intervenant dans les éoliennes devront disposer d'une habilitation électrique.

L'habilitation est la reconnaissance, par l'employeur, de la capacité d'une personne placée sous son autorité à accomplir, en sécurité vis-à-vis du risque électrique, les tâches qui lui sont confiées.

Pour délivrer une habilitation électrique, Boralex vérifie que :

- Le travailleur a suivi une formation théorique et pratique adaptée aux opérations à effectuer ;
- Le travailleur a bien assimilé cette formation (savoirs et savoir-faire) en consultant « l'avis après formation » délivré par le formateur ou l'organisme de formation ;
- L'aptitude médicale délivrée par le médecin du travail tient compte des risques particuliers auxquels le salarié sera exposé ;
- Le salarié possède un carnet des prescriptions, éventuellement complété par des instructions de sécurité particulières au travail effectué.

Les niveaux d'habilitation requis sont définis par la norme NF C18-510 (prescriptions générales de sécurité d'ordre électrique). L'habilitation est symbolisée de manière conventionnelle par des caractères alphanumériques et si nécessaire un attribut :

- le 1^{er} caractère indique le domaine de tension concerné,
- le 2^{ème} caractère indique le type d'opération ; il s'exprime soit par une lettre soit par un chiffre,
- le 3^{ème} caractère est une lettre additionnelle qui précise la nature des opérations.

Tableau 4 : Système de classification des habilitations électriques

1er caractère	2e caractère	3e caractère	Attributs
B : basse tension H : haute tension	0 : opération d'ordre non électrique 1 : exécutant opération d'ordre électrique 2 : chargé de travaux C : consignation R : intervention BT générale S : intervention BT élémentaire E : opérations spécifiques P : photovoltaïque	T : travaux sous tension V : travaux au voisinage N : nettoyage sous tension X : spéciale	Essai Vérification Mesurage Manceuvre

Source : Norme NFC18-510

Ces symboles sont précisés sur le titre d'habilitation dont le titulaire doit disposer pendant ses heures de travail.

Les habilitations doivent être revues annuellement. Un recyclage des compétences et connaissances est conseillé tous les 3 ans, et plus souvent si nécessaire.

5 Incendie / évacuation

Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent : articles 23 et 24

Conformément à la réglementation, les éoliennes seront équipées d'au minimum deux extincteurs adaptés aux risques (dans la nacelle et en pied de mât) et un dans chaque local du poste de livraison. Ils sont contrôlés annuellement.

Chaque éolienne sera désormais dotée d'un système de détection de fumée qui permettra d'alerter à tout moment l'exploitant à travers le système de supervision. En complément, des capteurs de température, notamment au niveau de la génératrice, permettront de suivre toute température anormale, générant simultanément une alerte au niveau du système de supervision. Les services de secours seront informés par l'exploitant dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.

Le maintien des chemins d'accès aux éoliennes permet aux services de secours d'intervenir rapidement en cas de besoin.

Articles R.4227-5 à R 4227-14 du code du travail et arrêté du 04 novembre 1993

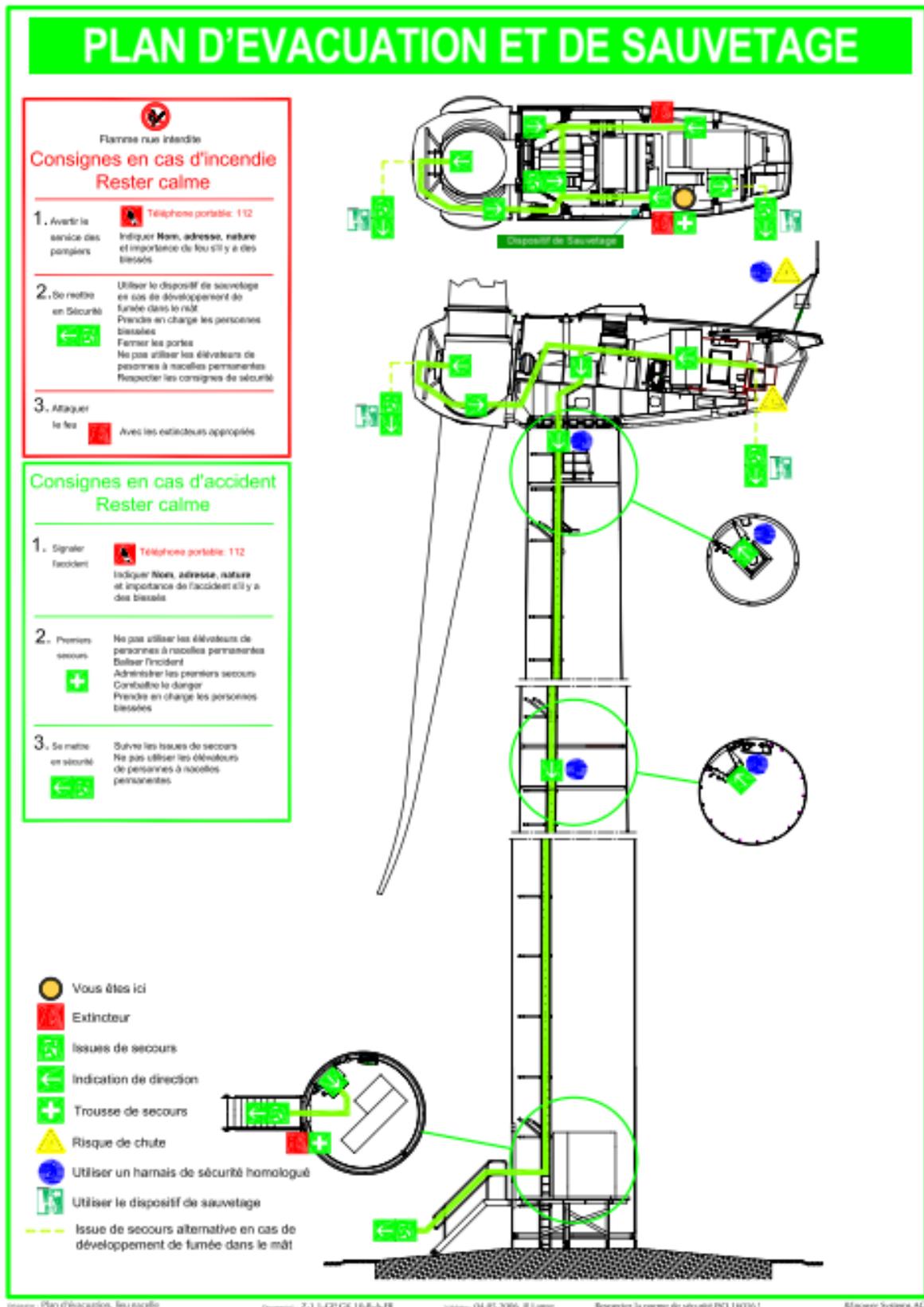
Tout intervenant travaillant dans une éolienne doit avoir suivi une formation d'évacuation et de sauvetage en éolienne (formation théorique et pratique). Les différents scénarios d'évacuation et de sauvetage sont étudiés et réalisés lors de cette formation. Les situations d'urgence les plus courantes lors d'intervention de maintenance sont :

- Évacuation par la trappe d'évacuation extérieure en cas d'incendie empêchant l'évacuation par le fût ;
- Évacuation d'une personne blessée (consciente et sans urgence) ;
- Sauvetage sur l'échelle en cas de malaise.

Les coordonnées des services de secours en cas d'accident seront recensées dans le plan de prévention du parc éolien disponible pour tous les intervenants (sapeurs-pompiers, SAMU, centre hospitalier, centre antipoison etc.).

L'ensemble des consignes en cas d'accident ou d'incendie ainsi que le plan d'évacuation d'urgence seront détaillés au niveau du plan de prévention et rappelés par un affichage en éolienne (en pied de mât et dans la nacelle) et dans le poste de livraison.

Figure 4 : Exemple de plan d'évacuation et consignes en cas d'incendie affiché au pied de l'éolienne et dans la nacelle



Source : Manuel d'Instructions de Sécurité (Senvion)

Une barre anti-panique équipera l'intérieur des portes des éoliennes et du poste de livraison.

Des équipements de sauvetage et d'évacuation à jour de vérification seront mis à disposition par Boralex au niveau de la nacelle. Les équipes de maintenance devront s'équiper avant d'intervenir.

Test du plan d'urgence – Exercice de manœuvre

Des exercices d'évacuation et de sauvetage en éoliennes seront effectués régulièrement avec les services de secours (SDIS, GRIMP) autour des situations d'urgences les plus probables. Ces exercices seront organisés à l'initiative de Boralex et impliqueront systématiquement les intervenants des entreprises sous-traitantes.

Dans le cadre du projet éolien, Boralex a travaillé de façon rapprochée avec les pompiers et les services locaux compétents (SDIS 05, DDT 05...) durant la phase de développement afin de préparer au mieux les services locaux à cette future installation.

Figure 5 : Exemple d'exercice d'évacuation d'une éolienne Boralex avec le SDIS 43 sur le parc éolien d'Ally (Haute-Loire)



Source : Boralex

Figure 6 : Exercice d'évacuation d'une personne par l'intérieur de l'éolienne – avec le SDIS / GRIMP 07



Source : Boralex

6 Equipements de travail et moyens de protection

Articles R.4322-1 et suivants, R.4323-1 et suivants et R.4324-1 et suivants du code du travail

Les équipements de travail seront identifiés, équipés de protections et maintenus en bon état de conformité de manière à préserver la santé et sécurité des travailleurs (protection des pièces en mouvement, dispositifs d'arrêts d'urgence, dispositif de verrouillage du rotor sur l'arbre lent...). Le personnel pourra à l'occasion utiliser de l'outillage portatif (outils de serrage hydraulique, outillage électrique, outils à main...).

Toutes les parties tournantes sont protégées par des carters.

Articles R.4451-10 à R4455-10 et arrêtés ministériels applicables

Les activités pratiquées par Boralex dans le cadre de l'exploitation des éoliennes ne seront pas susceptibles de générer des rayonnements ionisants.

7 Appareils et engins de levage

Chaque éolienne sera également équipée d'un palan permettant aux techniciens de maintenance de monter le matériel lourd dans la nacelle par l'extérieur (capacité de 250kg à 400kg selon les éoliennes).

Arrêté du 2 décembre 1998

Des appareils et engins de levage autres que ceux incorporés dans les éoliennes pourront être utilisés pour effectuer certaines interventions sur les éoliennes : grues, Plateformes Elévatrices Mobiles de Personnel (PEMP), plateformes suspendues, engins de levage et de manutention.

Les conducteurs seront qualifiés et disposeront de leur autorisation de conduite.

Les engins seront vérifiés 2 fois par an par une société agréée.

8 Appareil sous pression

Arrêté du 15 mars 2000 modifié

Chaque éolienne est équipée d'accumulateurs hydrauliques et d'un circuit hydraulique soumis à une vérification périodique selon la réglementation.

9 Vérifications périodiques obligatoires

Article R.4323-22 du code du travail

Les équipements et les installations du parc éolien feront l'objet de vérifications périodiques obligatoires selon la fréquence ci-dessous :

Tableau 5 : Nature et fréquence des vérifications périodiques obligatoires des équipements et des installations

Nature des Vérifications	Fréquence des contrôles
Installations Electriques Poste de Livraison	Annuelle
Palan	Annuelle
Elévateur de personnel	Semestrielle
Extincteurs	Annuelle
Echelle et rail	Annuelle
Equipement Sous Pression (ESP)	40 mois

Les vérifications obligatoires des équipements de travail et des Equipements de Protection Individuelle (EPI) sont réalisées en respectant les fréquences réglementaires.

10 Substances dangereuses

Les principaux produits dangereux nécessaires au fonctionnement des éoliennes sont les suivants :

- Huile de lubrification pour le démultiplicateur (sauf dans les technologies basées sur la prise directe) ;
- Huile hydraulique ;
- Huile diélectrique ;
- Graisse ;
- Azote ;
- Liquide de refroidissement (utilisé pour le refroidissement de la génératrice) ;
- SF6 présent dans les cellules électriques des éoliennes et du poste de livraison (cellules avec enceintes étanches).

Les types et quantités de produits dangereux varient en fonction de la technologie et de marque de l'éolienne mais les quantités sont toujours relativement faibles.

Les transformateurs installés dans les éoliennes peuvent être de type sec (exemple des éoliennes de marque Enercon, Senvion, Gamesa...), ce qui évite les fuites d'huile et les risques de pollution. D'autres éoliennes (exemple des éoliennes de marque Siemens) sont équipées de transformateurs à huile ; un système de rétention des huiles intégré permet de limiter le risque de pollution en cas de fuite (capacité maximale d'environ 1000 litres).

Certains postes de livraison équipés de transformateurs (transformateur auxiliaire, transformateur d'injection du filtre actif) peuvent contenir de l'huile diélectrique. Un bac de rétention est placé systématiquement au niveau de la dalle sous les transformateurs afin de récupérer les éventuelles fuites de liquide.

Les transformateurs ne contiennent pas de PCB (polychlorobiphényles) étant de fabrication récente (interdiction de mise sur le marché depuis le décret du 2 février 1987).

Toutes les Fiches de Données Sécurité (FDS) sont détenues par l'exploitant et les sous-traitants intervenant dans les éoliennes et sont tenues à disposition de l'inspection des installations classées.

En cas de pollution ou déversement de produits dangereux (huile..), une procédure d'urgence prévue à cet effet est appliquée.

La profession de l'éolien est vigilante à ne pas utiliser de substances Cancérogènes, Mutagènes ou toxiques pour la Reproduction (CMR).

11 Prévention des risques

Décret n°2001-1016 du 5 novembre 2001

Boralex évalue les risques relatifs à son activité pour l'ensemble de son personnel et établit un « document unique » pour suivre les plans d'actions établis à cette occasion.

Ce document fait l'objet d'une révision une fois par an ou lors de toute modification susceptible de modifier les risques identifiés.

Les principaux risques professionnels identifiés dans le cadre de cette évaluation sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau 6 : Évaluation des risques aux abords du parc éolien

Situations dangereuses	Risques	Mesures de Prévention et de Protection	
		Mesures Préventives	Protections individuelles et collectives
Arrivée sur site Risque routier	Choc, chute	Réaliser des inspections régulières de l'état du véhicule. Vitesse de circulation maximale 30 Km/h. Ne pas se garer sur les voies routières, mais sur les plateformes. Se garer en position prêt à partir pour faciliter le départ en urgence. Ne pas se garer au pied de l'éolienne en condition de givre. Respecter la réglementation en vigueur. Ne pas utiliser le téléphone portable en conduisant. Utiliser les voies d'accès indiquées sur le plan de localisation des implantations.	
	Général, chute	Maintenir un état correct des routes et plateformes. Maintenir un état correct des accès aux éoliennes (escaliers, rampes, etc.). Respecter les cultures.	
Arrivée sur site Chute de glace ou d'objet	Chute, entorse	Porter son casque + chaussures de sécurité + vêtement de protection dès la sortie du véhicule	Casque Chaussures de sécurité
	Choc		
Tous travaux sur site	Général	L'accès aux éoliennes, tours météorologiques, grues ou plates-formes est interdit sous l'emprise de l'alcool, de drogues ou de médicaments provoquant des somnolences ou des vertiges. Les travaux dans les éoliennes doivent être effectués par des équipes de deux personnes minimum. Les travaux en solitaire sont interdits (sauf cas exceptionnels). Avant toute intervention dans l'éolienne, vérifier le niveau de batterie des téléphones portables et vérifier l'état de réception.	

.../...

Tableau 7 : Évaluation des risques dans les éoliennes

Situations dangereuses	Risques	Mesures préventives	Protections individuelles et collectives
Conditions météorologiques extrêmes	Projection de glace, chute de glace/neige Foudroiement Malaise, exposition aux UV	En cas de risque de projection de glace ou de neige sur l'éolienne, ne pas s'approcher de l'éolienne sans précautions particulières. En cas d'orage, ne pas rester dans l'éolienne ni dans le parc éolien. Une fois l'orage terminé, attendre un minimum de 1 heure avant de retourner dans les éoliennes (présence d'électricité statique). Ne pas effectuer de travaux dans les éoliennes en cas de vents forts ou de rafales pouvant mettre en danger la sécurité des employés. Respecter les vitesses de vent maximales pour travailler en nacelle et le hub (selon les indications des constructeurs). Les conditions de visibilité doivent être suffisantes pour que tous les opérateurs impliqués dans les manœuvres de grues puissent se voir et puissent voir les charges et l'éolienne. En cas de températures élevées, mettre des vêtements adaptés et assurer une hydratation continue avec un apport de sels minéraux (eau fraîche de préférence). Adapter les horaires de travail. Ventiler la nacelle.	
Environnement dans la turbine	Chute de plain-pied Chute d'objet Isolement, difficulté de communication	Utiliser les rampes dans les escaliers lors de l'accès dans les éoliennes. Être vigilant lors des déplacements. Ne pas courir. Signaler et/ou protéger les zones présentant des dénivelés ou des irrégularités temporaires. Faire extrêmement attention en se déplaçant à l'intérieur de la turbine. Prendre garde à la présence d'huile rendant le sol glissant. Nettoyer immédiatement les restes et fuites d'huile, de graisses, d'eau et de liquides réfrigérants. Ranger les équipements et les outils après utilisation. Ne pas déposer de matériels dans des lieux dangereux pouvant tomber à des niveaux inférieurs ou encombrer. Effectuer des pauses lors des travaux en position forcée. Effectuer des rotations avec les autres employés lors des travaux en position forcée. Effectuer les travaux dans les éoliennes, au minimum en binôme minimum.	
Travail en hauteur : travail dans le mât, la nacelle, le hub	Chute de hauteur Chute d'objet	Formation spécifique liée aux risques et travaux en hauteur + pratique de secours et d'évacuation liées aux éoliennes. Maintenir fermées les trappes de la tour et de la nacelle. Ancrage à des points homologués résistants à une charge minimale de 1 000 Kg. Utiliser des dispositifs de fixation directement entre le point d'ancrage et le harnais, sans élément intermédiaire. Les EPI catégorie III doivent être vérifiés annuellement selon la réglementation et les instructions du fabricant. Ne pas monter avec des outils dans les mains ou les poches. Utiliser des ceintures porte-outils. Ne pas utiliser les lignes de vie à plus d'une personne par section de tour.	Equipements de Protection Individuelle (EPI) obligatoires : Harnais antichute + longe de maintien Casque avec jugulaire Dispositif d'ancrage avec absorbeur d'énergie (longueur max 2m) Dispositif d'ascension spécifique à la ligne de vie (rail / câble) Utiliser des ceintures porte-outils ou petit sac de levage.

Situations dangereuses	Risques	Mesures préventives	Protections individuelles et collectives
Risque cardiaque	Arrêt cardiaque Chute de hauteur	La montée dans les échelles est éprouvante et entraîne un risque au niveau cardiaque. Il est impératif de monter à son rythme, en faisant des pauses régulièrement	EPI travail en hauteur ; formation ; défibrillateur
Opération de levage / grutage (interne / externe). Incluant l'utilisation du treuil de service.	Chute d'objet	Utiliser des sacs et des éléments de levage homologués et appropriés au matériel à hisser. Ne pas rester sous des charges suspendues (levage des charges avec le treuil) et ne pas garer de véhicules sous la nacelle. Utiliser des dispositifs de radio pour communiquer entre employés (vérification des niveaux des batteries avant les travaux). La personne au sol qui guide le conducteur de treuil doit être en contact visuel avec lui ou en contact verbal via radio. Elle doit également informer toute personne s'approchant sous la nacelle du danger de chute d'objet. Effectuer la signalisation nécessaire si les travaux s'étendent aux voies publiques. Surveiller et sécuriser la zone de travail afin d'empêcher l'accès de personnes étrangères au chantier. Utiliser un gilet de sécurité réfléchissant sur les lieux de travail de machinerie lourde (grues, camions, etc.). Pour les travaux avec grues autour de la zone de balayage du rotor, effectuer obligatoirement le blocage mécanique de celui-ci. Eviter de passer et de rester en dessous des pales avec la nacelle.	
Pièces en mouvement		Protéger les éléments rotatifs et bloquer l'actionnement de ceux-ci avant de retirer les protections. En cas de risque d'accrochage, ne pas porter le harnais de sécurité si des bandes dépassent ou restent ballantes. Prévenir les autres employés avant de mettre en marche des éléments rotatifs. Accès au hub : S'assurer de la sécurité intrinsèque de l'éolienne (arrêt de celle-ci avant ascension en s'assurant qu'on ne puisse pas la redémarrer à distance) Appliquer la procédure de blocage mécanique par actionnement du frein hydraulique du rotor Se munir du téléphone portable ou radio.	
Travaux par points chauds	Incendie	Les travaux par points chauds (pouvant provoquer un incendie) sont interdits, sauf autorisation de travail (permis de feu).	EPI adaptés (gants, casque et lunette, habits couvrants...)
Manipulation et utilisation de produits chimiques	Chimique	Lire la fiche de sécurité du produit chimique à utiliser. Les consignes de sécurité mentionnées doivent être respectées. En cas d'émanation de vapeurs, utiliser un masque équipé d'un filtre adéquat. Disposer d'un extincteur en cas de travail avec des produits inflammables. Vérifier que tous les contenants possèdent tous leurs labels (avec les pictogrammes appropriés). Présence de bac de rétention si stockage de produits chimiques.	Utiliser des EPI adaptés selon préconisations des Fiches de données sécurité (FDS).

Situations dangereuses	Risques	Mesures préventives	Protections individuelles et collectives
Utilisation de l'élévateur de personnes	Chute de hauteur	<p>Seul le personnel formé à l'utilisation, à l'inspection préalable, aux normes de sécurité et aux dispositifs d'urgence peut utiliser les élévateurs. Formation du fabricant ou interne</p> <p>Maintenir les portes fermées pendant la montée.</p> <p>Appuyer sur le bouton d'urgence pour monter ou descendre de la cabine.</p> <p>Ne pas utiliser lorsque la vitesse du vent est supérieure à la valeur définie par le fabricant.</p> <p>Sur les parcours de l'élévateur, le personnel se trouvant sur les plates-formes de la tour doit se tenir éloigné du trou de passage de l'élévateur.</p> <p>Procéder aux vérifications périodiques réglementaires.</p>	Port du harnais obligatoire + accroche sur le point d'ancrage de l'élévateur.
Utilisation d'outils (incluant outils coupants ou contondants, outils hydraulique à haute pression)	Risque mécanique (coupures, accrochage...)	<p>Tous les outils doivent être marqués CE, en bon état d'utilisation et révisés régulièrement.</p> <p>Vérifier les outils avant leur utilisation.</p> <p>Choisir l'outil approprié au travail à effectuer.</p> <p>Utiliser les machines et les outils conformément aux spécifications des manuels.</p> <p>Ne pas bloquer les dispositifs de sécurité.</p>	Utiliser les équipements de protection correspondant au travail à effectuer.
Utilisation d'outils hydrauliques	Projection d'huile à haute pression	<p>Vérifier l'étiquette d'inspection de la clé, des flexibles et de la pompe.</p> <p>Réaliser une inspection visuelle préalable à l'utilisation.</p> <p>Le placement de la clé et l'actionnement du boîtier de commande doivent être effectués par la même personne.</p>	Utiliser des gants de protection mécanique et des lunettes de sécurité.
Manutention manuelle	Ergonomie	<p>Ne pas manipuler manuellement des charges supérieures à 55 Kg.</p> <p>Monter les objets lourds à l'aide du treuil de service.</p> <p>Favoriser au maximum la manipulation à plusieurs opérateurs et /ou à l'aide de moyens de manutention adaptés.</p> <p>Effectuer des pauses lors des travaux en position forcée. Effectuer des rotations avec d'autres opérateurs.</p> <p>Respecter les bonnes pratiques de gestes et postures.</p>	
Travaux électriques	Electrocution, électrisation -brûlures	<p>Seul le personnel formé et habilité par l'entreprise peut effectuer des travaux comportant des risques électriques.</p> <p>Ne pas porter les EPI de travaux en hauteur lors de la manipulation des cellules HTA.</p> <p>Effectuer les travaux hors tension.</p> <p>Maintenir les armoires électriques et les boîtiers de connexions fermés.</p> <p>Se conformer au recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique de l'UTE C 18-510, notamment respecter les principes fondamentaux suivants :</p> <p>Séparer l'ouvrage des sources de tension ;</p> <p>Condamner les organes de séparation en position d'ouverture ;</p> <p>Vérifier l'absence de tension pour chacun des conducteurs (VAT) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mettre à la terre et en court-circuit les conducteurs mis hors tension (MALT/CCT) ; 	<p>Port des EPI adaptés (gants isolants adaptés au niveau de tension NFC18, casque isolant avec écran facial NF EN 166, vêtements sans partie métallique apparente)</p> <p>Tabouret / Tapis isolant dans le cadre de manœuvre HT</p>

Situations dangereuses	Risques	Mesures préventives	Protections individuelles et collectives
		<ul style="list-style-type: none"> • Délimiter l'ouvrage et se protéger des parties sous tension adjacentes ; 	<p>Utilisation d'outils et accessoires isolants</p> <p>Veiller à ce que les EPI et outils soient toujours en bon état. Vérifier le matériel conformément aux règles de l'UTE (vérification des gants...)</p>
Travaux en entrepôt		<p>Maintenir l'atelier et l'entrepôt propres et en ordre. Ranger les équipements et les outils après utilisation. Ne pas déposer de matériels dans des lieux dangereux pouvant tomber à des niveaux inférieurs ou encombrer. Nettoyer immédiatement les restes et fuites d'huile, de graisses, d'eau et de liquides réfrigérants. Seul le personnel ayant reçu une formation spécifique peut utiliser les chariots.</p>	
Bruit ambiant		<p>Utiliser une protection auditive le cas échéant.</p>	
Utilisation d'entreprise sous-traitante		<p>Préalablement au début des travaux, vérifier le respect de la procédure de coordination des activités. Signaler cet événement à Boralex.</p>	
En cas d'Incendie		<p>Dans le cas d'un départ de feu visible, utiliser si possible les extincteurs disponibles.</p> <p>Dans le cas d'un incendie déclaré, ne pas combattre le feu, évacuer selon les consignes vers une zone protégée, demander l'intervention des secours visant à baliser le sinistre, à empêcher la propagation et à prévenir des conséquences de la chute d'une partie de la structure. Prévenir immédiatement Boralex sur le numéro d'astreinte.</p>	

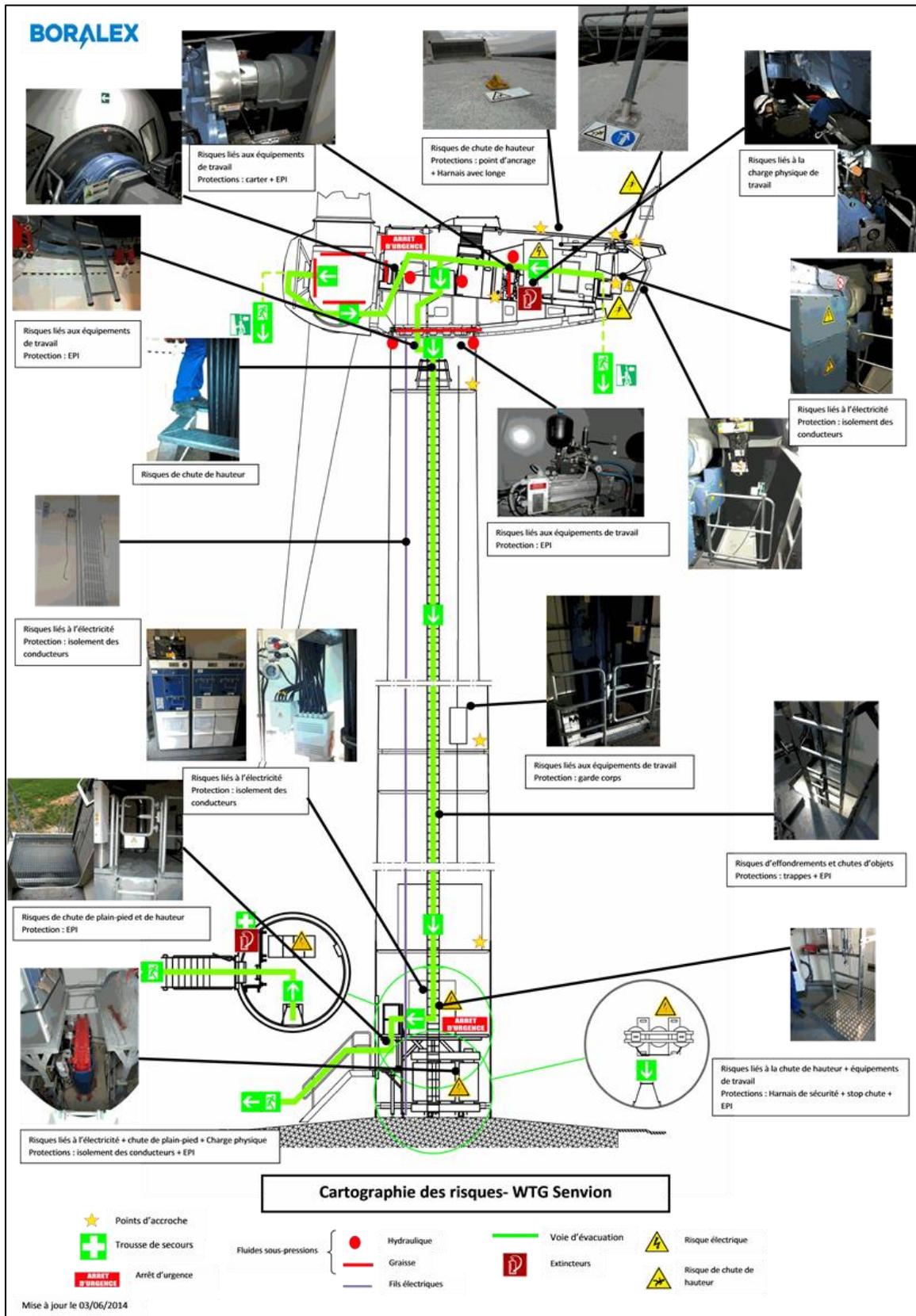
.../...

Tableau 8 : Evaluation des risques dans le poste de livraison

Situations dangereuses	Risques	Prévention	
		Mesures	Protections individuelles et collectives
Opération de manœuvre	Electrisation Electrocution Brûlures Asphyxie	<p>Se conformer aux prescriptions de la norme NF C 18-510, notamment respecter les principes fondamentaux suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Séparer l'ouvrage des sources de tension ; • Condamner les organes de séparation en position d'ouverture ; • Vérifier l'absence de tension pour chacun des conducteurs (VAT) ; • Mettre à la terre et en court-circuit les conducteurs mis hors tension (MALT/CCT) ; • Délimiter l'ouvrage et se protéger des parties sous tension adjacentes. 	<p>Utiliser les équipements de protection individuels contre les arcs électriques.</p> <p>EPI réglementaires (gants isolants adaptés au niveau de tension NFC18, casque isolant avec écran facial NF EN 166, vêtements sans partie métallique).</p>
Travaux dans les locaux HTA Surface dangereuses tranchantes	Coupures	<p>Maintenir en ordre. Dégager les issues et chemins de secours. Veiller à un éclairage suffisant. Seules les personnes autorisées peuvent effectuer des opérations de manœuvre. Créer et respecter les fiches d'instructions pour les opérations de manœuvre (Fiches de Manœuvre). Coordonner les opérations de manœuvre Effectuer les opérations de manœuvres sur des cellules HTA et BT uniquement si celles-ci sont protégées contre les contacts accidentels selon la réglementation. Établir un permis de feu en cas de travail par point chaud.</p>	<p>Utiliser un Tabouret / Tapis isolant dans le cadre de manœuvre HT. Avoir à disposition des moyens appropriés pour combattre l'incendie. Éloigner tous les matériaux qui ne sont pas nécessaires au fonctionnement. Porter des chaussures de sécurité. Porter des vêtements fermés et près du corps. Vérifier l'état des EPI avant utilisation.</p>
Travaux dans les locaux HTA (Produits nettoyants, colorants, graisse, colle)	Irritation	<p>Enlever les résidus, les chiffons et les emballages. Respecter les fiches d'instructions.</p>	<p>Utiliser et mettre à disposition les équipements de protection individuelle (EPI) appropriés conformément aux fiches d'instruction</p>
Travaux de manutention/levage Utilisation de grue, etc.	Choc, Écrasement	<p>Présence d'une vigie au sol Vérification de la conformité des équipements (élingues, etc.) CACES et/ou autorisation de conduite.</p>	<p>Balisage de la zone de travail au sol et signalisation Balisage de la zone de stockage et signalisation</p>

Source : Évaluation des risques professionnels (Boralex)

Figure 7 : Exemple de cartographie des risques sur une éolienne



Source : Boralex

12 Formation du personnel

Article R.4141-1et suivants du code du travail

La formation à la sécurité a pour objet d'instruire le salarié des précautions à prendre pour assurer sa propre sécurité et, le cas échéant, celle des autres personnes présentes dans l'établissement.

Tout intervenant travaillant sur un parc éolien doit être formé et posséder une habilitation délivrée par son employeur à jour et en adéquation avec les travaux à réaliser, notamment en ce qui concerne les travaux sur des installations électriques et les travaux en hauteur.

Les exigences minimales de formation sécurité pour travailler dans une éolienne sur un site éolien sont :

- Formation en Travaux en hauteur (Port des EPI, Evacuation et Sauvetage en éolienne – partie théorique et pratique) ;
- Formation en Prévention du risque électrique (Habilitation Electrique) ;
- Formation aux Premiers secours – Sauveteur Secouriste du Travail (SST).

Ci-dessous une synthèse des exigences minimales de formation pour effectuer différents travaux sur le parc éolien :

Tableau 9 : EPI et habilitations nécessaires à l'accès des différentes parties des installations

	Accueil Sécurité	Formation SST	Formation Travaux en hauteur (1)	Habilitation Electrique	Elévateur de personne
Accès Site	x				
Accès poste de livraison	x	x (pas systématique)		x	
Accès éolienne	x	X	x	x	X
Validité de la formation	1 fois	2 ans Boralex : 1 an	1 an	3 ans	1 fois

(1) Port des EPI, Evacuation et Sauvetage en éolienne – partie théorique+pratique

Source : Boralex

Tout intervenant présent sur le parc éolien devra être en mesure de présenter à Boralex sur sa demande :

- un titre d'habilitation électrique à jour adapté au type de travaux réalisés,
- une attestation de formation ou un titre d'habilitation aux travaux en hauteur et sauvetage en hauteur,
- un certificat SST, si applicable.

Les mêmes exigences seront applicables pour le personnel Boralex et pour les sous-traitants.

Formation Santé et Sécurité au Travail (SST)

La sécurité au travail et le bien-être des employés sont importants pour Boralex. Dans ce contexte, Boralex prévoit chaque année un budget formation SST.

Un dossier indiquant toutes les formations réalisées par année est tenu à jour.

Il précise les heures, le nom des personnes formées, le coût, l'intitulé de la formation, l'organisme de formation, etc. Sont conservés également les programmes de formation, les attestations de présence et les évaluations de connaissance éventuellement réalisées.

13 Equipements de protection individuelle

Article R.4323-95 du code du travail

Tout intervenant sur le parc éolien sera en mesure de disposer des Équipements de Protection Individuelle (EPI) adaptés selon les types de travaux effectués et les mesures de protection définies dans l'analyse des risques. Ils seront conformes aux dispositions de la Directive européenne 89/656/CEE du 30 novembre 1989.

Selon les principes généraux de prévention, Boralex recherche toujours à favoriser les mesures de protection collective aux mesures de protection individuelle.

Ci-dessous la description des EPI utilisés selon les catégories de travaux (à titre indicatif) :

Travaux divers

- Casque conçu pour les travaux en hauteur (EN397) avec jugulaire et/ou satisfaisant à l'isolement électrique (environnement électrique) ;
- Chaussures de sécurité ;
- Protections auditives, en cas de besoin ;
- Les autres EPI seront définis en fonction des travaux réalisés et des risques associés.

Travaux électriques

EPI réglementaires pour intervention HTA tel que décrit par la réglementation, notamment la norme NF C 18-510) :

- Tapis isolant ou tabouret isolant ;
- Gants adaptés au domaine de tension ;
- Casques pour travaux électrique avec écran facial (EN166) ;
- Vêtements de travail adaptés (absence de pièces métallique, majoritairement coton...)

Travaux en hauteur

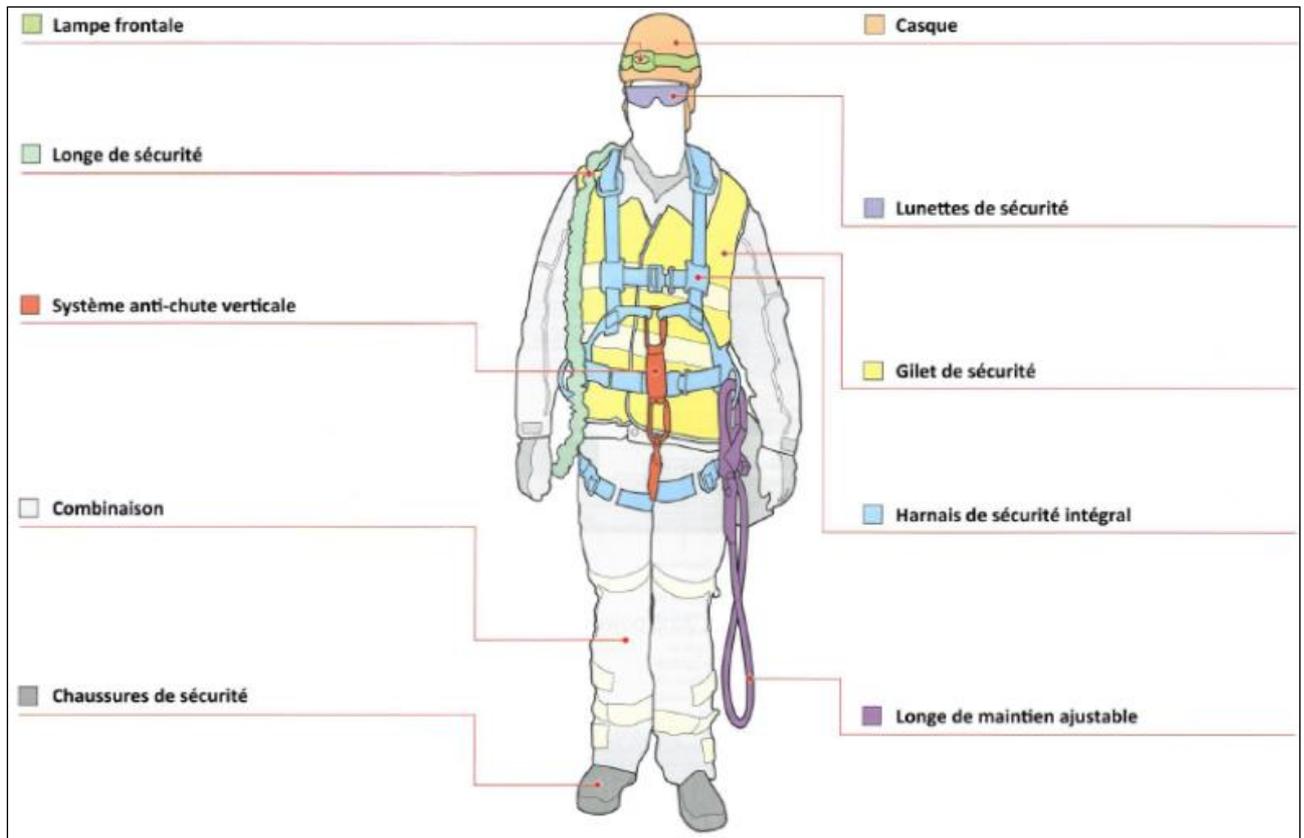
- EPI réglementaires (harnais, casque, 2 longes à absorbeurs ou double longe en Y, mousquetons, stop-chute, etc.) à jour de vérification ;
- Stop-chutes utilisés compatibles avec le système d'assurage rigide qui équipe les éoliennes ;
- 1 Kit d'évacuation d'urgence à vitesse régulée pour travaux en hauteur (localisé dans la nacelle de chaque éolienne) contenu dans un emballage permettant sa préservation dans le temps (caisse rigide contenant un sac sous vide) ;
- Dans le cas où les éoliennes ne sont pas équipées de kit d'évacuation, les équipes de maintenance doivent apporter leur propre dispositif.

Consigne de port et contrôle des EPI

Toujours porter le harnais dans les cas suivants :

- Montée/descente dans la tour équipée d'échelle ;
- Montée/descente dans la tour à l'aide de l'élévateur de personnel ;
- Dans la tour, sur les plateformes et dans les nacelles dès lors qu'il existe un risque de chute ;
- En cas de risque de chute susceptible d'entraîner des blessures.
- De manière générale, les EPI doivent être vérifiés :
 - lors de la mise en service (vérification de la conformité des EPI avec les règles techniques applicables);
 - à chaque utilisation (par l'utilisateur) ;
 - en cas de chute ou de tout évènement spécial pouvant les avoir endommagés ;
 - une fois par an pour certains équipements définis par l'arrêté du 19 mars 1993, notamment les systèmes de protection individuelle contre les chutes de hauteur. Ces vérifications sont réalisées par des vérificateurs nommés et formés.

Figure 8 : Exemples d'équipements de Protection Individuelle (EPI)



14 Entreprises extérieures

Articles R. 4512-2 et suivants du code du travail

14.1 MISE EN PLACE DU PLAN DE PRÉVENTION

Certaines opérations de maintenance du parc éolien pourront être sous-traitées à des sociétés spécialisées.

Le cas échéant, un Plan de Prévention sera établi conformément au Décret 92-158 du 20 février 1992 avec l'ensemble des entreprises extérieures assurant la maintenance des installations (éoliennes et postes de livraison) sous la supervision de Boralex, Entreprise Utilisatrice.

Le Plan de Prévention contiendra le plan détaillé du parc, les Entreprises Extérieures répertoriées, l'analyse des risques et les mesures de prévention et de protection associées, les procédures d'intervention dans les éoliennes et dans les postes de livraison, la liste des documents à remettre, la feuille d'émargement de ce document et de la visite d'inspection commune. En annexe, figureront le plan d'urgence, les consignes en cas d'incendie et d'accident, le modèle de fiche d'opération particulière, la fiche de notification.

Afin d'assurer un haut niveau de maîtrise des risques Santé, Sécurité et Environnement par les Entreprises Extérieures, Boralex mettra en place l'organisation suivante :

- Mise en place d'un Plan de Prévention annuel entre les différents intervenants du site pour les opérations courantes de maintenance. Un échange préalable et l'organisation d'une inspection

commune des lieux de travail sur site permettront une analyse détaillée des différentes co-activités, des situations à risques qui en découlent et des mesures de prévention à prendre ;

- Réalisation d'une analyse des risques spécifiques avec inspection commune des lieux de travail sur site, pour toute opération :
 - nécessitant l'intervention de sous-traitants non prévus lors de l'élaboration du plan de prévention annuel ;
 - générant des risques spécifiques supplémentaires non identifiés dans le plan de prévention annuel (ex : intervention d'une grue, maintenance curative majeure, opération de vidange du multiplicateur...).
- **Appel systématique de l'Astreinte de Boralex** par les intervenants sur site avant et après toute intervention sur site (7j/7, 24h/24) ;

Chaque Entreprise Extérieure s'engagera à transmettre toutes les informations du Plan de Prévention à chacun des intervenants sur le parc et s'assurera de l'application des mesures de prévention nécessaires à la protection de son personnel.

La mise en place du Plan de Prévention s'ajoutera à l'obligation des entreprises de respecter la réglementation française en vigueur.

14.2 CONTRÔLE DE L'APPLICATION DU PLAN DE PRÉVENTION

Boralex s'assurera de l'application des mesures prescrites par le Plan de Prévention à travers la mise en place de différentes activités de contrôle sur site :

- Suivi des interventions au quotidien par les équipes d'exploitation et de maintenance de Boralex ;
- Audits/Inspection HSE (Hygiène Sécurité Environnement) réalisés par le service HSE interne.

En outre, chaque salarié sur site sera encouragé à remonter toute situation à risque impactant la santé, la sécurité ou l'environnement.

Des réunions et des échanges réguliers seront également mis en place entre les services de Boralex et les entreprises extérieures assurant la maintenance des installations. La sécurité fera partie intégrante de ces réunions.

15 Gestion des déchets

La plupart du temps, les déchets seront gérés par le sous-traitant en charge de la maintenance dans le cadre du contrat de maintenance du parc éolien ou gérés directement par l'exploitant qui met alors en place sa propre organisation.

Les déchets produits sur site sont pris en charge par les équipes de maintenance et transportés immédiatement dans le centre de maintenance le plus proche. Celui-ci est équipé d'une zone de déchets qui permet de collecter et stocker les déchets de plusieurs parcs éoliens avant leur collecte et traitement par une entreprise spécialisée dans le traitement et la valorisation de déchets.

Tous les déchets sont collectés dans des bacs ou conteneurs étiquetés et parfaitement étanches aux fuites afin d'éviter toute contamination des sols, des nappes phréatiques, des eaux en surface ou de l'air.

La traçabilité des déchets est assurée à travers les Bons de Suivi des Déchets Dangereux transmis à l'exploitant.

Les déchets générés par les activités de maintenance des éoliennes représentent des volumes restreints.

Les types de déchets les plus usuels générés lors de maintenances préventives sont :

- Emballages/Absorbants souillés ;
- Matériaux souillés ;
- Filtres à huile ;
- Huiles ;
- Graisse ;
- Cartons d'emballage ;
- Tube fluorescent ;
- Métaux ;
- Déchets d'équipements électriques et électroniques ;
- Piles et accumulateurs.