

## Dossier N° 5 : Etude de dangers

A horizontal banner with a background of a green leaf's vein structure. The text is centered on the right side of the banner.

**PROJET EOLIEN DE QUATRE VALLEES IV**  
**Communes du Meix-Tiercelin et Saint-Ouen-Domprot (51)**  
**Dossier de Demande d'Autorisation Unique**



## TABLE DES MATIERES

Chapitre 1. Résumé non technique de l'étude de dangers.....	4	2.4.2. Fonctionnement de l'installation .....	29
1.1. Introduction.....	5	2.4.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation.....	33
1.2. Présentation de l'installation .....	5	2.5. Identification des potentiels de dangers de l'installation .....	34
1.3. Caractéristiques de l'installation .....	7	2.5.1. Potentiels de dangers liés aux produits.....	34
1.3.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien .....	7	2.5.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation.....	35
1.3.2. Eléments constitutifs d'un aérogénérateur .....	7	2.5.3. Réduction des potentiels de dangers à la source.....	36
1.3.3. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur.....	7	2.6. Analyse des retours d'expérience.....	36
1.3.4. Emprise au sol .....	8	2.6.1. Inventaire des accidents et incidents en France.....	37
1.3.5. Chemins d'accès.....	8	2.6.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international.....	37
1.3.6. Autres installations .....	8	2.6.3. Inventaire des accidents majeurs sur les sites de l'exploitant .....	39
1.4. Fonctionnement de l'installation.....	8	2.6.4. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience.....	39
1.5. Identification des dangers et analyse des risques associés .....	9	2.7. Analyse préliminaire des risques .....	40
1.5.1. Les sources de dangers .....	9	2.7.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques.....	40
1.5.2. Les enjeux à protéger .....	10	2.7.2. Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....	40
1.5.3. Analyse des risques .....	10	2.7.3. Recensement des agressions externes potentielles .....	41
1.5.4. Etude détaillée des risques .....	13	2.7.4. scénarii étudiés dans l'analyse préliminaire des risques .....	41
1.6. Conclusion.....	17	2.7.5. Effets dominos.....	43
Chapitre 2. Etude de dangers .....	18	2.7.6. Mise en place des mesures de sécurité .....	44
2.1. Préambule .....	19	2.7.7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques .....	48
2.1.1. Objectif de l'étude de dangers.....	19	2.8. Etude détaillée des risques .....	49
2.1.2. Contexte législatif et réglementaire .....	19	2.8.1. Rappel des définitions .....	49
2.1.3. Nomenclature des installations classées .....	20	2.8.2. Caractérisation des scénarii retenus .....	51
2.1.4. Document de référence, guide technique INERIS/SER FEE .....	20	2.8.3. Cartographie des risques .....	61
2.2. Informations générales concernant l'installation .....	20	2.8.4. Synthèse de l'étude détaillée des risques .....	64
2.2.1. Renseignements administratifs .....	20	2.9. Conclusion .....	65
2.2.2. Localisation du site.....	20	Chapitre 3. Bibliographie .....	67
2.2.3. Définition de l'aire d'étude.....	20	Chapitre 4. Annexes .....	70
2.3. Description de l'environnement de l'installation .....	22		
2.3.1. Environnement humain .....	22		
2.3.2. Environnement naturel .....	22		
2.3.3. Environnement matériel .....	23		
2.3.4. Cartographie de synthèse .....	23		
2.4. Description de l'installation .....	26		
2.4.1. Caractéristiques de l'installation.....	26		

## Chapitre 1. RESUME NON TECHNIQUE DE L'ETUDE DE DANGERS

## 1.1. INTRODUCTION

Selon l'article L. 512-1 du Code de l'environnement, 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. Les impacts de l'installation sur ces intérêts en fonctionnement normal sont traités dans l'étude d'impact sur l'environnement.

La démarche de l'étude consiste en une identification des dangers, des enjeux vulnérables et des conséquences éventuelles d'accidents. L'ajout systématique de mesures de prévention et/ou de protection doit permettre de diminuer le niveau de risque à un niveau acceptable.

Le parc éolien de **Quatre Vallées IV** est réalisé dans la continuité du parc éolien de **Quatre Vallées II** qui a été mis en service au printemps 2013 sur les communes du LE MEIX-TIERCELIN et SAINT-OUEN-DOMPROT. Il ne constitue pas une extension du parc éolien de **Quatre Vallées II** (voir dossier administratif et technique).

Cette étude se base sur le guide technique version de mai 2012, qui a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS et de professionnels du Syndicat des énergies renouvelables. Dans la suite de l'étude, ce guide sera appelé « guide technique ».

## 1.2. PRÉSENTATION DE L'INSTALLATION

**Le parc éolien sera composé de de 8 aérogénérateurs et 2 postes de livraison, localisés sur les communes de Meix-Tiercelin et Saint-Ouen-Domprot (51).**

Ces communes se situent à une quinzaine de kilomètres au sud-ouest de Vitry-le-François et à 35 kilomètres au sud de Châlons-en-Champagne. La localisation du site est visible sur la carte en page suivante.



Carte de situation avec aire d'étude page suivante

La zone d'étude (périmètre de 500m autour des éoliennes) se situe sur les communes suivantes :

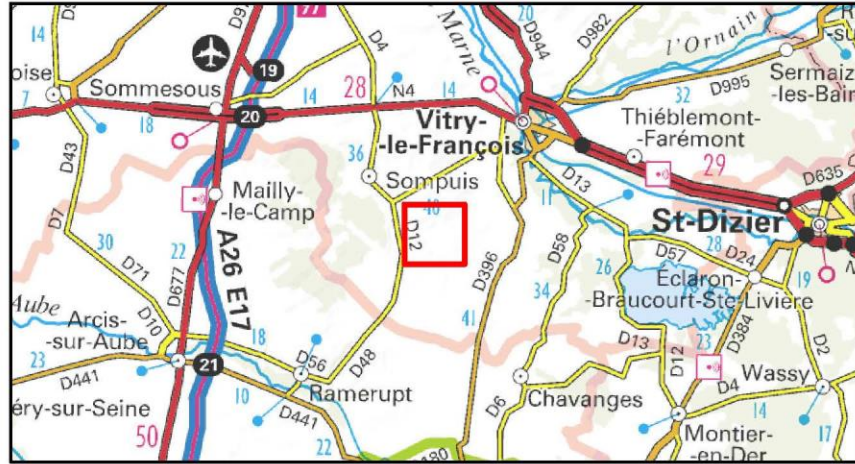
- **Le Meix-Tiercelin**
- **Saint-Ouen-Domprot**
- **Chatelraould Saint Louvent**
- **Somsois**




L'aérogénérateur retenu pour le projet est une machine GAMESA G97 dont les caractéristiques sont les suivantes :

GAMESA G97	
Puissance (MW)	2 – 2,1 MW
Hauteur moyeu (m)	78 m
Hauteur totale en bout de pale (m)	125,5 m
Largeur à la base du mât (m)	4 m
Longueur pale (m)	48,5 m
Corde de la pale (m)	3,41 m
Diamètre rotor (m)	97 m

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison :

Installation	Système de coordonnées géographiques Lambert II étendu		Altitude approximative (m NGF)
	Longitude	Latitude	
E11	756 566	2 407 375	182,5
E12	756 860	2 407 332	208,5
E13	757 129	2 407 424	204,5
E14	757 385	2 407 620	207,5
E15	756 594	2 404 663	206,5
E16	756 819	2 404 530	203,5
E17	757 068	2 404 488	194,5
E18	757 250	2 404 760	181,5
PDL 1	Le Meix Tiercelin, ZB 16		206
PDL 2	Saint Ouen Domprot, ZM 25		186



-  Éolienne
-  Aire d'étude (périmètre de 500 m)
-  Parc éolien de 4 vallées 2



## 1.3. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

### 1.3.1. CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

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

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ;
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s) de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien ») ;
- Un ou plusieurs poste(s) de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public) ;
- Un réseau de chemins d'accès aux éléments du parc ;
- Des moyens de communication permettant le contrôle et la supervision à distance du parc éolien ;
- Éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

### 1.3.2. ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN AEROGENERATEUR

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011(modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014) 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** qui est 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.
- Le **mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté 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** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
  - le générateur 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 aéronautique.

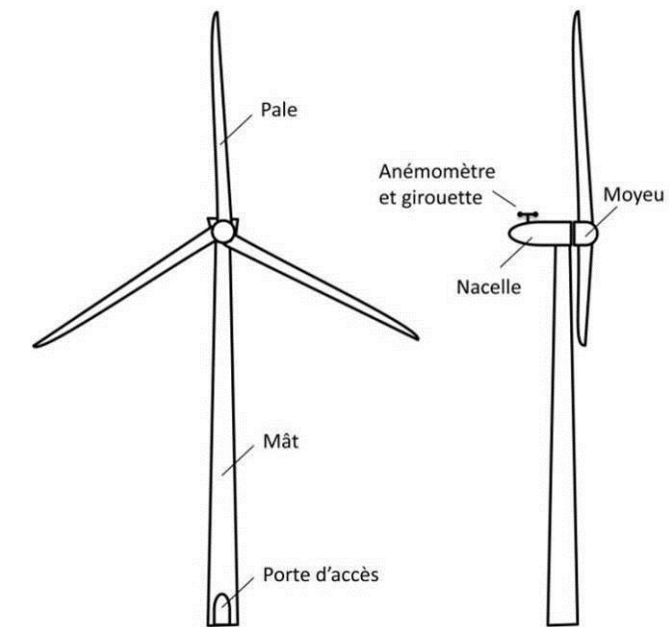


Figure 1. Schéma simplifié d'un aérogénérateur

### 1.3.3. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

Les instruments de mesure de 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 indique une vitesse de vent d'environ 10km/h et c'est seulement à partir de 12km/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 aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne environ 100 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 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. L'électricité produite est alors amenée à un poste de livraison électrique puis 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.

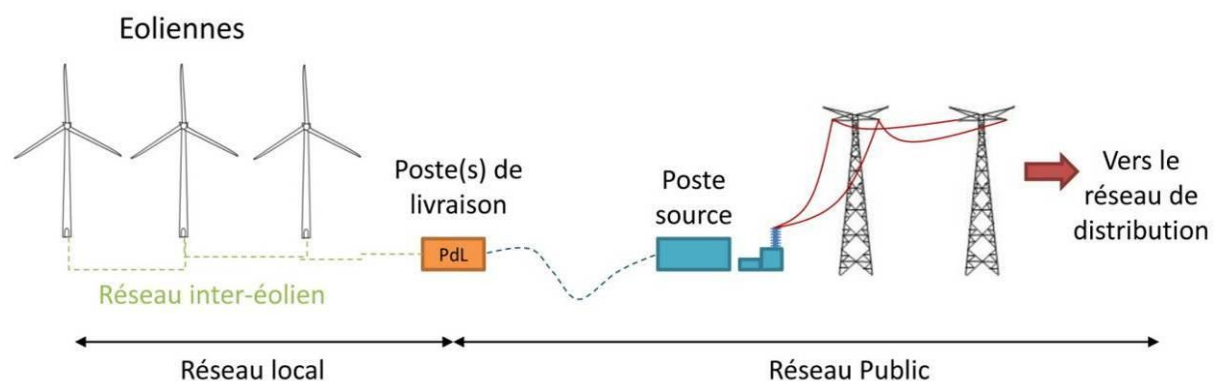


Figure 2. Raccordement électrique des installations

### 1.3.4. 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 surplomb ou de survol** correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât.
- La **plateforme** correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et de la configuration du site d'implantation.

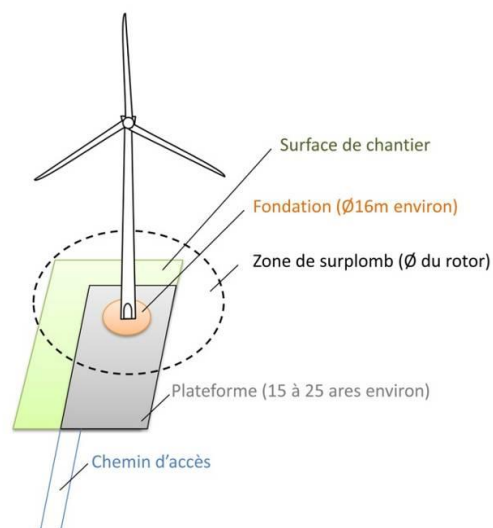


Figure 3. Illustration des emprises au sol d'une éolienne  
(Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150m de hauteur totale)

### 1.3.5. CHEMINS D'ACCES

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de constructions du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc éolien et les opérations de secours par les agents du SDIS du département :

- 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 de leurs annexes.

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

### 1.3.6. AUTRES INSTALLATIONS

Aucune autre installation (parkings d'accès, aire d'accueil pour informer le public ...) n'est prévue pour ce projet.

## 1.4. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Élément de l'installation	Fonction
<b>Fondation</b>	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol
<b>Mât</b>	Supporter la nacelle et le rotor
<b>Nacelle</b>	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
<b>Rotor / pales</b>	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice
<b>Transformateur</b>	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau
<b>Poste de livraison</b>	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public
<b>Système de freinage</b>	Oblige l'éolienne à ne plus fonctionner et oriente les pales afin d'être parallèle au sens du vent



## 1.5. IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES ASSOCIÉS

### 1.5.1. LES SOURCES DE DANGERS

Un parc éolien est soumis aux risques naturels par les dimensions imposantes de l'ouvrage mais également aux risques de défaillance d'équipements constituant l'éolienne.

Les risques naturels sont susceptibles de constituer des agresseurs potentiels et sont donc pris en compte dans l'analyse préliminaire des risques :

- ❖ - **Sismicité**
- ❖ - **Mouvements de terrain (aléas glissement de terrain, cavités souterraines, Aléa retrait-gonflement des argiles )**
- ❖ - **Foudre**
- ❖ - **Vents violents**
- ❖ - **Incendies de forêts et de cultures**
- ❖ - **Inondations**

Des ouvrages (voies de communications par exemple) ou des installations classées à proximité des aérogénérateurs, peuvent présenter également un risque externe.

Les dangers potentiels relatifs au fonctionnement des éoliennes sont recensés dans le tableau suivant :

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

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien 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, nettoyants...) et les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...)**

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit inflammable ou combustible n'est stocké dans les aérogénérateurs ou les postes de livraison.

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

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât de l'éolienne la plus proche
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Pas de voie structurante (fréquentation supérieure à 2000 véhicules/jour) à moins de 500 m
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Infrastructure au-delà du périmètre de 2000m
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Infrastructure au-delà du périmètre de 500m
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Présence du parc éolien de Quatre Vallées II située à 241 m de l'éolienne E11 et à 257 m de l'éolienne E15. Les autres parcs éoliens sont au-delà de 500m

### 1.5.2. LES ENJEUX À PROTÉGER

Les enjeux dans le périmètre de 500m autour des aérogénérateurs concernent des routes de circulation : chemins ruraux.

Ces enjeux sont inclus dans l'analyse des risques d'une part et dans l'étude détaillée d'autre part.

### 1.5.3. ANALYSE DES RISQUES

#### 1.5.3.1. 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 de toxique.

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

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

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

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la méthode ad hoc préconisée par le guide technique nationale 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.

#### > Cinétique

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

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

Dans le cadre d'une étude de dangers pour des aérogénérateurs, il est supposé, de manière prudente, que tous les accidents considérés ont une cinétique rapide.

#### > Intensité

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

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, 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.

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

Correspondance entre l'intensité et le degré d'exposition

Source : Guide technique – Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens

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

#### > Gravité

Par analogie aux niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, 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.

Gravité	Intensité	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 »

Détermination des seuils de gravité en fonction du nombre équivalents de personnes présentes dans chacune des zones.

Source : Guide technique – Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens

#### > Probabilité

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

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

Classes de probabilité utilisées dans les études de dangers issues de l'Annexe I de l'arrêté du 29 septembre 2005

Source : Guide technique – Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens

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

de la bibliographie relative à l'évaluation des risques pour des éoliennes

du retour d'expérience français

des définitions qualitatives de l'arrêté du 29 Septembre 2005

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

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

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

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

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

- $P_{rotation}$  = probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment)
- $P_{atteinte}$  = probabilité d'atteinte d'un point donné autour de l'éolienne (sachant que l'éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu'elle est en rotation)
- $P_{présence}$  = probabilité de présence d'un enjeu donné au point d'impact sachant que l'élément est projeté en ce point donné

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

### 1.5.3.2. ANALYSE DU RETOUR 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.

Les retours d'expérience de la filière éolienne française et internationale permettent d'identifier les principaux accidents suivants :

- Effondrements de l'éolienne ;
- Ruptures de pales ;
- Chutes de pales et d'éléments de l'éolienne ;
- Incendie.

### 1.5.3.3. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

Une analyse préliminaire des risques sous forme d'un tableau générique est réalisée permettant d'identifier de manière représentative les scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire :

- Scénarios relatifs aux risques liés à la glace ;
- Scénarios relatifs aux risques d'incendie ;
- Scénarios relatifs aux risques de fuites ;
- Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments ;
- Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales ;
- Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes.

L'analyse est réalisée de la manière suivante :

- Description des causes et de leur séquençage ;
- Description des *événements redoutés centraux* qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- Description des *fonctions de sécurité* permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux ;
- Description des *phénomènes dangereux* dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- Evaluation préliminaire de la zone d'effets attendue de ces événements.

### 1.5.3.4. MESURES DE MAITRISE DES RISQUES

Afin de limiter les risques d'accidents ou d'incidents liés aux activités du parc éolien, les constructeurs d'aérogénérateurs ont prévus différentes mesures :

- ⇒ **Systèmes de sécurité contre la survitesse** (freins aérodynamiques passifs et actifs, surveillance de la rotation, détection de la vitesse du vent) ;
- ⇒ **Systèmes de sécurité contre le risque de vents forts** (coupure de l'éolienne en cas de détection de vents forts) ;
- ⇒ **Systèmes de sécurité contre le risque électrique** (organes de coupure électrique, isolement, mise à la terre) ;
- ⇒ **Systèmes contre l'échauffement des pièces mécaniques** (détecteurs de température, systèmes de refroidissement) ;
- ⇒ **Systèmes de sécurité contre le risque de foudre** (installation anti foudre comprenant un paratonnerre sur la nacelle et les pales) ;
- ⇒ **Systèmes de sécurité contre le risque d'incendie** (détection de fumée, de température, alarme du centre de contrôle et intervention des moyens de secours) ;
- ⇒ **Systèmes de sécurité contre le risque de fuite de liquides** (détecteur de niveau de liquide, rétention formée par la structure de l'éolienne) ;
- ⇒ **Systèmes de sécurité contre la formation du givre** (basés sur la détection et arrêt de l'éolienne, affichage du risque pour les promeneurs) ;
- ⇒ **Systèmes de sécurité contre le risque d'effondrement de l'éolienne** (conception des fondations basées sur des normes et de l'ingénierie, conception des éoliennes adaptée à la force du vent) ;
- ⇒ **Systèmes de sécurité contre le risque d'erreurs de maintenance** (formation du personnel, manuel de maintenance).

### 1.5.3.5. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE

Dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques génériques des parcs éoliens, trois catégories de scénarios sont exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité : incendie du poste de livraison, incendie de l'éolienne et infiltration de liquides dans le sol.

Les scénarios qui doivent faire l'objet d'une étude détaillée sont les suivants :

- **Projection de tout ou une partie de pale ;**
- **Effondrement de l'éolienne ;**
- **Chute d'éléments de l'éolienne ;**
- **Chute de glace ;**
- **Projection de glace.**

### 1.5.4. ETUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarii 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.

### 1.5.4.1. COTATION DE CHAQUE SCÉNARIO

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

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.

La cotation du risque est basée sur cette réglementation.

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

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

■ TABLEAU DE SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Probabilité	Cotation risque
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale Soit <b>125,5</b> m	Rapide	D (car éoliennes récentes prévues)	Acceptable
Chute de glace	Zone de survol Soit <b>48,5</b> m	Rapide	A	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol Soit <b>48,5</b> m	Rapide	C	Acceptable
Projection	<b>500</b> m autour de l'éolienne	Rapide	D (car éoliennes récentes prévues)	Acceptable
Projection de glace	1,5 x (H + D) autour de l'éolienne Soit <b>262,5</b> m	Rapide	B	Acceptable

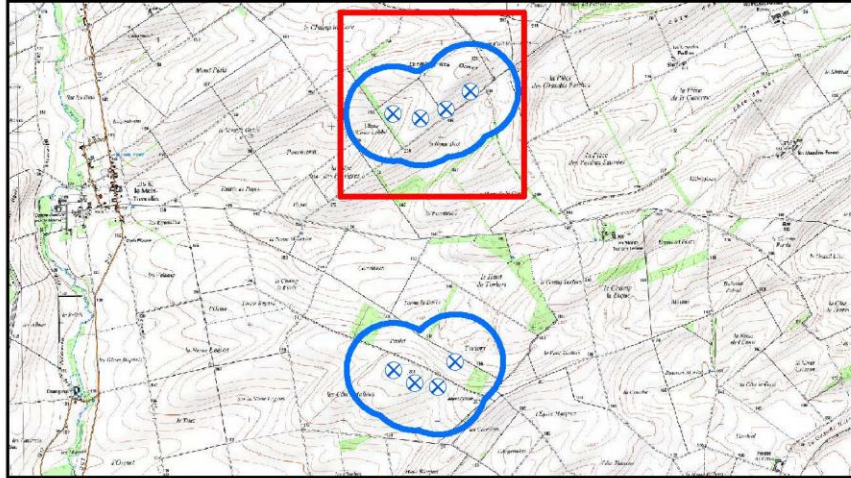
- H est la hauteur du moyeu (H=**78** m),
- D est le diamètre du rotor (D/2=**97** m),











**Il apparaît au regard de l'étude détaillée qu'aucun accident ne ressort comme inacceptable selon les règles de cotation de la probabilité, de la gravité et de l'utilisation de la matrice d'acceptabilité issue de la circulaire du 10 mai 2010.**

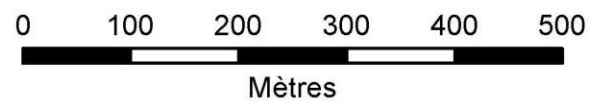
1.5.4.2. CARTES DES RISQUES AVEC ZONES DE RISQUES ET VULNÉRABILITÉS IDENTIFIÉES.



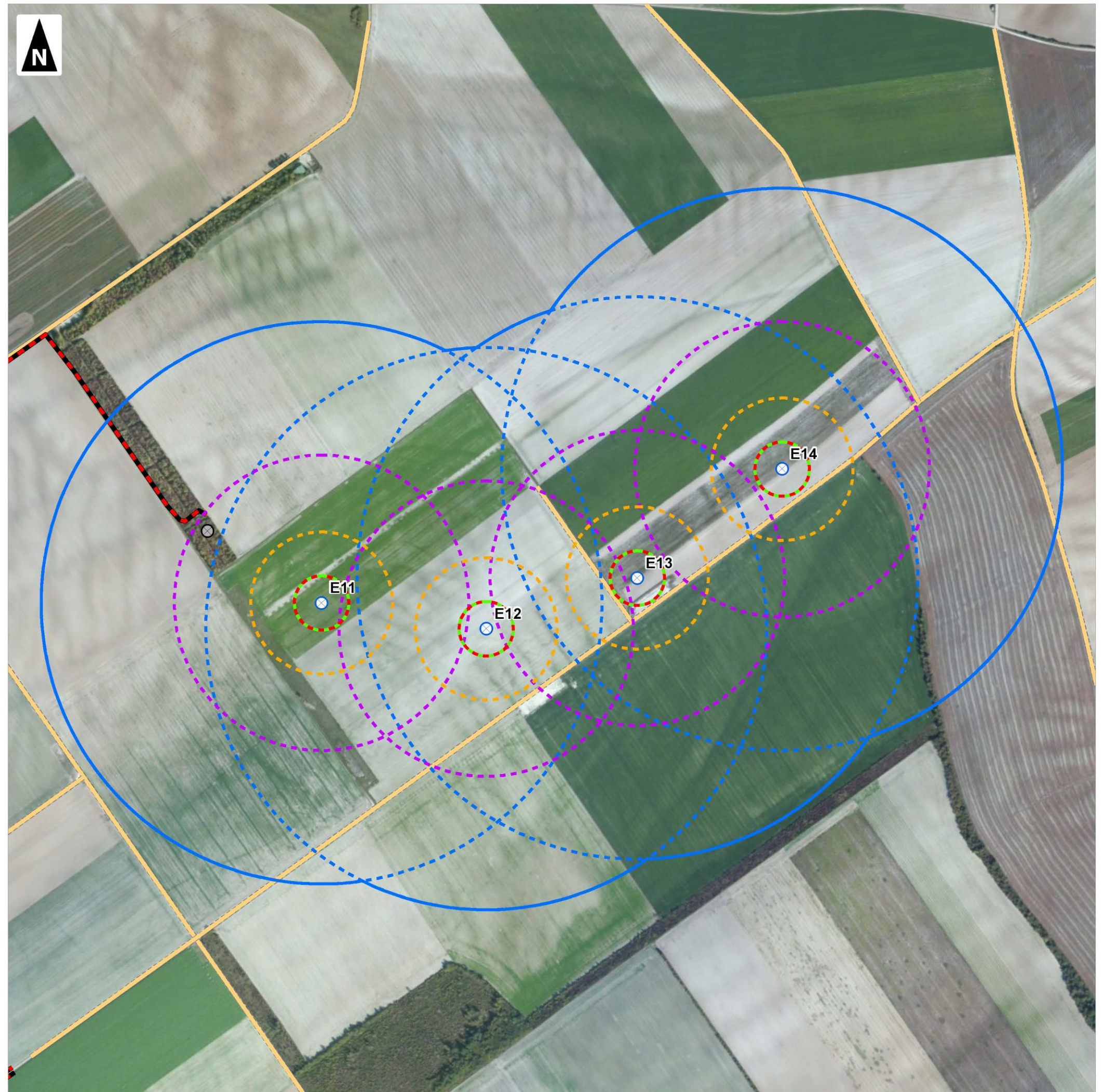
Cartes des risques, pages suivantes

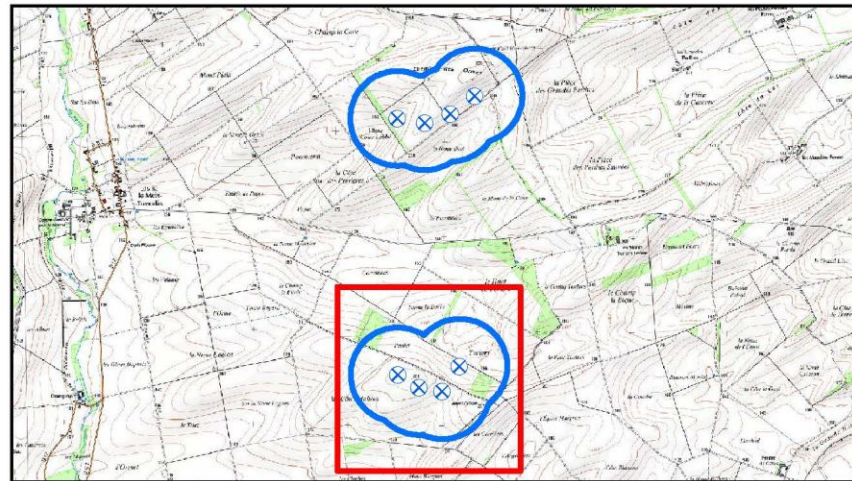







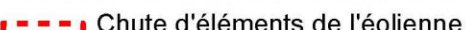
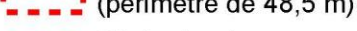
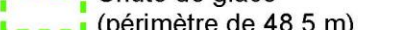

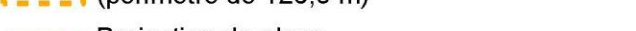
-  Eolienne
  -  Aire d'étude (périmètre de 500 m)
  -  Eolienne existante (Parc éolien de 4 vallées 2)
  -  Réseau électrique souterrain
  -  Chemin
- Périmètres de zones d'effet des scénarii :**
-  Chute d'éléments de l'éolienne (périmètre de 48,5 m)
  -  Chute de glace (périmètre de 48,5 m)
  -  Effondrement de l'éolienne (périmètre de 126,5 m)
  -  Projection de glace (périmètre de 262,5 m)
  -  Projection de pales ou de fragments de pales (périmètre de 500 m)

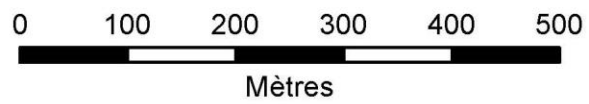


 **1:7 000**  
(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)





-  Eolienne
  -  Aire d'étude (périmètre de 500 m)
  -  Eolienne existante (Parc éolien de 4 vallées 2)
  -  Réseau électrique souterrain
  -  Chemin
- Périmètres de zones d'effet des scénarii :**
-  Chute d'éléments de l'éolienne (périmètre de 48,5 m)
  -  Chute de glace (périmètre de 48,5 m)
  -  Effondrement de l'éolienne (périmètre de 126,5 m)
  -  Projection de glace (périmètre de 262,5 m)
  -  Projection de pales ou de fragments de pales (périmètre de 500 m)





## 1.6. CONCLUSION

Une analyse préliminaire des risques a été réalisée, basée d'une part sur l'accidentologie permettant d'identifier les accidents les plus courants et basée d'autre part sur une identification exhaustive des scénarios d'accidents.

Pour chaque scénario d'accident, l'étude a procédé à une analyse systématique des mesures de maîtrise des risques.

Cinq catégories de scénarios ressortent de l'analyse préliminaire et font l'objet d'une étude détaillée des risques :

- **Projection de tout ou une partie de pale ;**
- **Effondrement de l'éolienne ;**
- **Chute d'éléments de l'éolienne ;**
- **Chute de glace ;**
- **Projection de glace.**

Ces scénarios regroupent plusieurs causes et séquences d'accident. Une cotation en intensité, probabilité, gravité et cinétique de ces événements ont permis de caractériser les risques pour toutes les séquences d'accidents.

Une recherche d'enjeux humains vulnérables a été réalisée dans chaque périmètre d'effet des cinq scénarios d'accident, permettant de repérer les interactions possibles entre les risques et les enjeux.

La cotation en gravité et probabilité pour chacune des éoliennes a permis de classer le risque de chaque scénario selon la grille de criticité employée et inspirée de la circulaire du 10 mai 2010.

**Après analyse détaillée des risques, selon la méthodologie de la circulaire du 10 mai 2010, il apparaît qu'aucun scénario étudié ne ressort comme inacceptable.**

L'exploitant a mis en œuvre des mesures adaptées pour maîtriser les risques :

- **l'implantation permet d'assurer un éloignement suffisant des zones fréquentées,**
- **l'exploitant respecte les prescriptions générales de l'arrêté du 26 août 2011,**
- **les systèmes de sécurités des aérogénérateurs sont adaptés aux risques.**

Les systèmes de sécurité des aérogénérateurs seront maintenus dans le temps et testés régulièrement en conformité avec la section 4 de l'arrêté du 26 août 2011.

**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 actuelles.**

Les scénarii étudiés dans ce document sont synthétisés dans la matrice de la circulaire :

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		<b>S1, S4</b>	<b>S3</b>		
Modéré				<b>S5</b>	<b>S2</b>

Tableau 1. Cotation des risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010

Légende de la matrice :

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		acceptable
Risque faible		acceptable
Risque important		non acceptable

**Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :**

- **aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;**
- **certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées plus haut au 1.5.3.4 page 12 seront mises en place.**

## Chapitre 2. ETUDE DE DANGERS

Etude réalisée par le bureau d'études AIRELE.

Julien ELOIRE : Directeur d'étude

Sylvain MONTREAU : Chef de projet

Sylvain DEBORDE : Cartographe SIG

AIRELE NORD  
ZAC du Chevalement  
Rue des Molettes  
59286 Roost-Warendin  
Tél : 03 27 97 36 39  
Fax : 03 27 97 36 11

## 2.1. PRÉAMBULE

### 2.1.1. OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société **GAMESA**, pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du **parc éolien de Quatre Vallées IV**, 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 un parc éolien. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien de Quatre Vallées IV, 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, 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.

**Le parc éolien de Quatre Vallées IV est dans la continuité du parc éolien de Quatre Vallées II mis en service au printemps 2013 sur les communes de LE MEIX-TIERCELIN et SAINT-OUEN DOMPROT.**

**Il ne constitue pas une extension de ce parc éolien (voir dossier administratif et technique).**

### 2.1.2. 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 fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarii d'accident 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.

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 scénarii d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarii 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 conforme à la méthodologie habituelle :

- 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 scénarii 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.

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 précise également le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

### 2.1.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSÉES

Un parc éolien est classé au titre de la loi relative aux installations classées pour la protection de l'environnement<sup>1</sup>. Le décret n° 2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des installations classées inscrit les éoliennes terrestres au régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) par la rubrique suivante :

Rubrique	Libellé de l'installation	Classement	Rayon d'affichage
2980	<p>Installation terrestre de production à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :</p> <p>1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : autorisation</p> <p>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 :</p> <p>a) supérieure ou égale à 20 MW : Autorisation b) inférieure à 20 MW : Déclaration</p>	A : Autorisation	6 km

Tableau 2. Rubrique des installations classées au titre des ICPE

Le parc éolien de **Quatre Vallées IV** est soumis à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement (Cf analyse effectuée dans le cahier n°3 Description de la Demande).

### 2.1.4. DOCUMENT DE RÉFÉRENCE, GUIDE TECHNIQUE INERIS/SER FEE

Cette étude se base sur le guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » version de mai 2012, qui a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS et de professionnels du syndicat des énergies renouvelables (SER FEE). Dans la suite de l'étude, ce guide sera appelé « guide technique ».

« Il s'agit d'un document de type nouveau dans son approche, qui a pour vocation d'accompagner les différents acteurs de l'éolien (porteurs de projets, exploitants, services de l'Etat, associations, etc.) dans la démarche d'évaluation des risques potentiels liés à un parc éolien. Compte tenu de la technologie mise en œuvre dans les parcs éoliens, il apparaissait possible et souhaitable de traiter cette analyse de manière générique, afin de pouvoir transcrire les résultats présentés dans ce guide à l'ensemble des parcs éoliens installés en France.

Ainsi, ce guide est le reflet de l'état de l'art en matière de maîtrise des risques technologiques pour les parcs éoliens, en l'état actuel des connaissances des experts ayant participé à son élaboration. Si d'autres techniques ou méthodes apparaissent à l'avenir, elles seraient étudiées en détail et intégrées à l'analyse menée dans ce guide. »

Ainsi dans le cadre de cette étude, de nombreux paragraphes génériques ont été repris directement du guide.

<sup>1</sup> Loi n°76-663 du 19 juillet 1976 modifiée, Code de l'Environnement (Art. L511-1)

## 2.2. INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### 2.2.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Le porteur du projet est la Société d'Exploitation du Parc Eolien des Moulins du Puits.

### 2.2.2. LOCALISATION DU SITE

Le parc éolien de **Quatre Vallées IV** est dans la continuité du parc éolien de **Quatre Vallées II**.

Il sera composé de 8 aérogénérateurs et 2 postes de livraison, localisés sur les communes de Le Meix-Tiercelin et Saint-Ouen-Domprot (51).

Ces communes se situent à une quinzaine de kilomètres au sud-ouest de Vitry-le-François et à 35 kilomètres au sud de Châlons-en-Champagne. La localisation du site est visible sur la carte en page suivante.



Carte de situation avec aire d'étude page suivante

### 2.2.3. DÉFINITION DE L'AIRE D'ÉTUDE

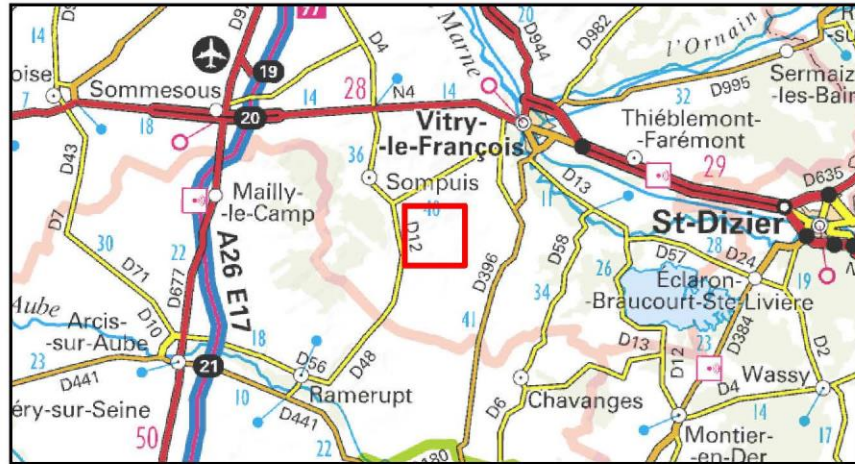
Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne.




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.

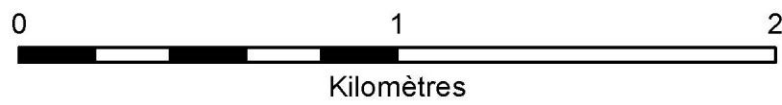
La zone d'étude n'intègre pas les environs des postes de livraison, qui seront néanmoins représentés sur la carte. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur des postes de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant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

La zone d'étude (périmètre de 500m autour des éoliennes) se situe sur les communes suivantes :

- **Le Meix-Tiercelin**
- **Saint-Ouen-Domprot**
- **Chatelraould Saint Louvent**
- **Somsois**



-  Eolienne
-  Aire d'étude (périmètre de 500 m)
-  Parc éolien de 4 vallées 2



## 2.3. 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).

### 2.3.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

#### 2.3.1.1. ZONES URBANISÉES ET URBANISABLES

Une description (nombre d'habitants, etc.) des communes proches du parc éolien est réalisée dans l'étude d'impact chapitre « Volet Milieu Humain, cadre de vie, sécurité et santé publique ».

Les communes du secteur d'étude : Le-Meix-Tiercelin et Saint-Ouen-Domprot se situent en région Grand Est dans le département de la Marne

##### ■ ZONES URBANISEES

Le parc éolien se situe sur des terres agricoles en zone rurale. **Les habitations et les zones destinées à l'habitation les plus proches des éoliennes sont situées à plus de 500 m de ces dernières (et du secteur d'étude).**

Les habitations les plus proches sont :

- 1,8 km de la ferme des Certines
- 2 km de la ferme des Monts Torlors
- 3 km de Le Meix Tiercelin
- 3,3 km de la ferme des petites Perthes
- 3,3 km de Domprot

##### ■ ZONES URBANISABLES

Les communes du périmètre de 500m sont concernées par le Règlement National d'Urbanisme (RNU). La zone d'étude ne se situe pas dans une partie actuellement urbanisée (PAU). En vertu du RNU la zone ne peut être urbanisable sauf pour des constructions ou équipements spécifiques (nécessaires à des équipements collectifs, à la mise en valeur des ressources naturelles et à la réalisation d'opérations d'intérêt national).

**L'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de 500 m de toute habitation et zone urbanisable telle que le définissent les documents d'urbanisme.**

#### 2.3.1.2. ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Aucun ERP n'est présent dans la zone d'étude de 500m.

#### 2.3.1.3. INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE

**Il n'y a pas d'établissements classés, ni d'installations SEVESO, ni d'installations nucléaires de base dans le périmètre réglementaire de 300 m autour des éoliennes conformément à l'arrêté du 26/08/11.**

On note la présence du parc éolien de Quatre Vallées II (SEPE des Quatre Vallées), installation classée située à 241 m de l'éolienne E11 et à 257 m de l'éolienne E15.

La ferme des Monts Torlors SCEA des Cytises est une installation classée dont l'activité est l'élevage de volailles. Elle est située à 1,8 km de l'éolienne E14. Aucune interaction n'est à prévoir au regard de son éloignement.

#### 2.3.1.4. AUTRES ACTIVITÉS

Aucune activité industrielle, commerciale ou de loisirs ne sont présentes dans l'aire d'étude de 500m.

### 2.3.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

#### 2.3.2.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

Le climat de la Marne est un climat océanique de transition. La légère continentalisation se caractérise par des pluies convectives estivales et une amplitude thermique annuelle dépassant 15°C.

La répartition moyenne des précipitations en cours d'année est relativement homogène.

La station météorologique météo-france de Reims-Champagne (51) - altitude 91m - (située à environ 80 km au sud) indique :

- Une pluviométrie de 604 mm/an,
- Une température moyenne de 10°C,
- 67,5 jours de gelée par an,
- 22,2 jours d'orage par an.

Un mat de mesure de 67m a été installé de septembre 2008 à janvier 2012. La vitesse annuelle moyenne est de 6,6 m/s. Un nouveau mat de mesure de 80m doit être installé au cours de l'été 2016.

#### 2.3.2.2. RISQUES NATURELS

Les risques naturels ont été étudiés dans la cadre de l'étude d'impact (Cf § 4.6, dossier 4 Etude d'impacts).

> Risque sismique

**Le parc est localisé en zone de sismicité 1 c'est-à-dire de sismicité très faible.**

> Risque de mouvement de terrain

**L'implantation n'est pas concernée par un aléa « retrait - gonflement des argiles ».**

> Inondations

**La sensibilité au risque de remontée de nappe est très faible étant donné l'altitude des machines et l'éloignement des cours d'eau.**

## &gt; Risque foudre

**La densité de foudroiement dans les communes du département de la Marne est de 0,8 coup/km<sup>2</sup>/an (moyenne nationale : 1,2). Bien que la densité de foudroiement soit inférieure à la moyenne, un parc éolien est particulièrement concerné par le risque par la hauteur des aérogénérateurs.**

Les aérogénérateurs sont conçus actuellement de manière à supporter la foudre par un circuit de terre relié aux pales, à la nacelle et aux fondations.

## &gt; Risque tempête

En France, ce sont en moyenne chaque année quinze tempêtes qui affectent nos côtes, dont une à deux peuvent être qualifiées de «fortes» selon les critères utilisés par Météo-France. Bien que le risque tempête intéresse plus spécialement le quart nord-ouest du territoire métropolitain et la façade atlantique dans sa totalité, les tempêtes survenues en décembre 1999 ont souligné qu'aucune partie du territoire n'est à l'abri du phénomène.

**Toutes les communes du secteur sont concernées par l'arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle suite à la tempête de 1999.**

## &gt; Risque feux de forêts

Le parc éolien se situe en zone agricole. Quelques boisements sont situés de part et d'autre du parc éolien au-delà de 200m. Aucun massif forestier n'est proche du parc.

## 2.3.3. ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

### 2.3.3.1. VOIES DE COMMUNICATION

#### ■ TRANSPORT ROUTIER

Quelques chemins agricoles traversent le périmètre de 500 m.

Autour du parc éolien, sont présents les axes suivants :

- La RD 78 à environ 1,2 km au sud
- La RD 14 à environ 2,8 km au nord
- La RD 936 à environ 6,4 km à l'est
- La RD 12 à environ 3 km à l'ouest
- Une voie communale reliant Le-Meix-Tiercelin à St-Chéron qui se situe entre les deux zones Nord et Sud du parc

**Aucune des voies traversant le parc n'est structurante au sens où leur fréquentation est inférieure à 2000 véhicules/jour.**

#### ■ TRANSPORT FERROVIAIRE

Aucune infrastructure ferroviaire n'est présente dans le secteur d'étude.

#### ■ TRANSPORT FLUVIAL

Aucune voie navigable ne se situe dans le secteur d'étude.

#### ■ TRANSPORT AÉRIEN

Les aérodromes les plus proches sont :

- l'aérodrome civil de Chalons-Vatry, à plus de 10 Km au nord-ouest
- la Base Aérienne 113 de Saint-Dizier à plus de 30 Km à l'est

#### ■ RANDONNÉES PÉDESTRES

Aucun chemin de randonnée GR ne traverse le parc éolien.

### 2.3.3.2. RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

Aucune canalisation de gaz n'a été recensée sur le périmètre d'étude.

Des réseaux de transport d'électricité enterrés sont présents sur la partie ouest, ceux-ci acheminent l'électricité produite par les éoliennes du parc de **Quatre vallées II**.

### 2.3.3.3. AUTRES OUVRAGES PUBLICS

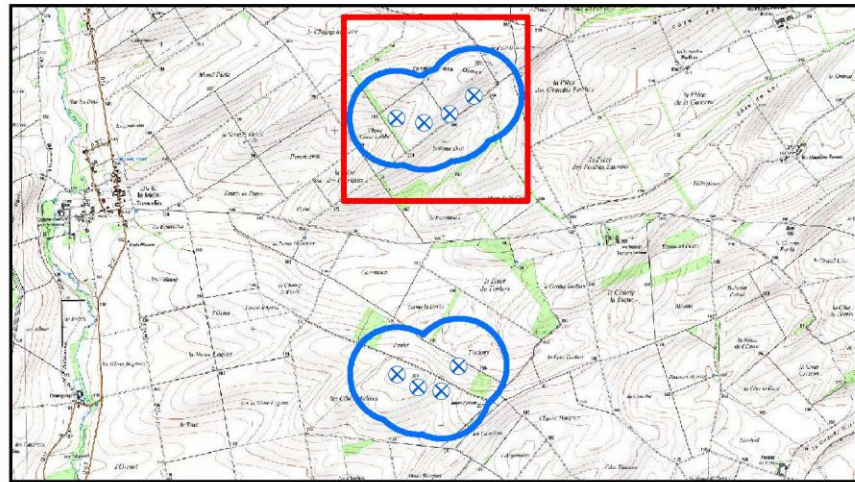
Aucun ouvrage (barrages, digues, château d'eau, bassin de rétention...) n'est présent sur la zone d'étude.




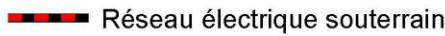

## 2.3.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

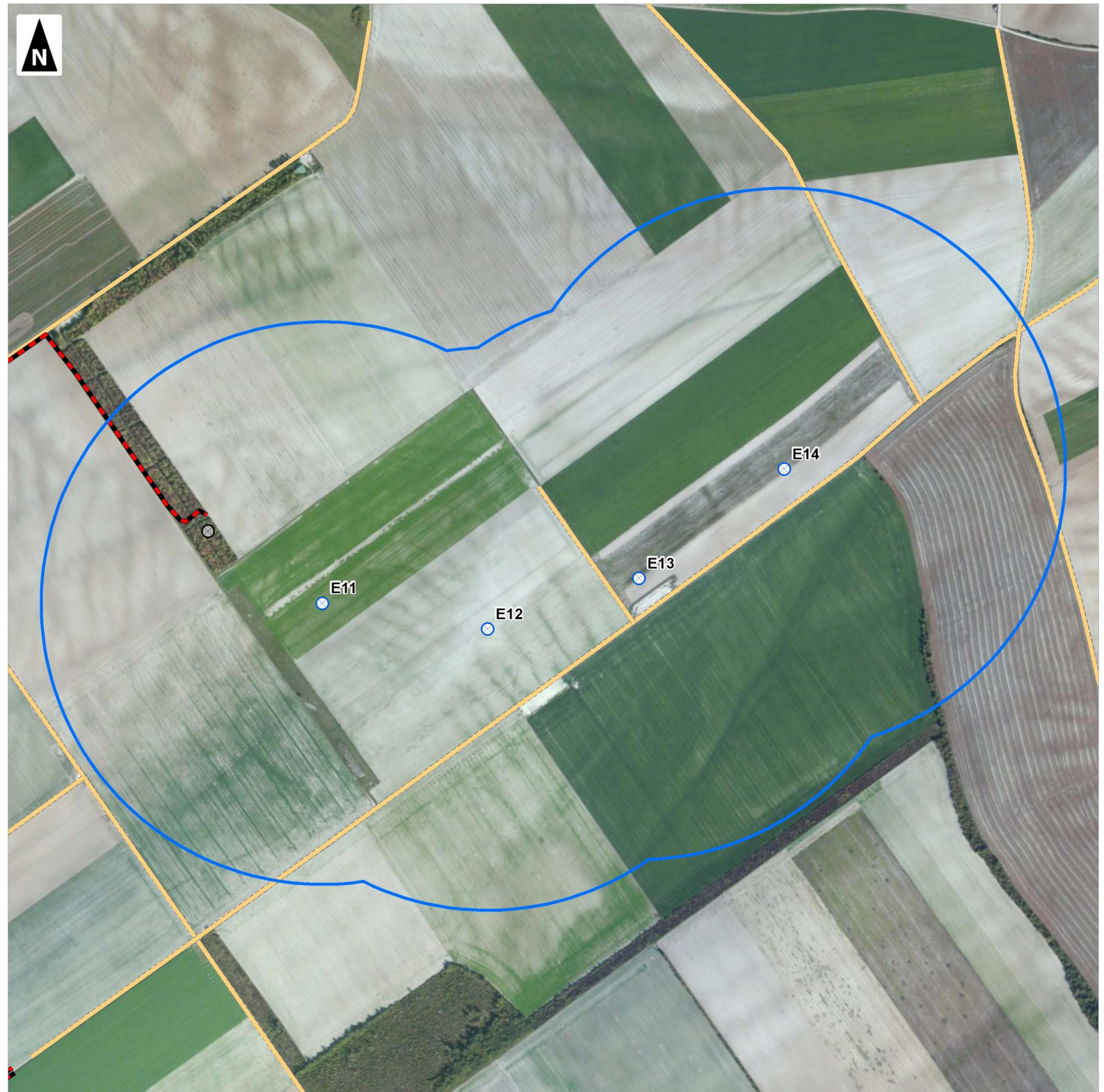
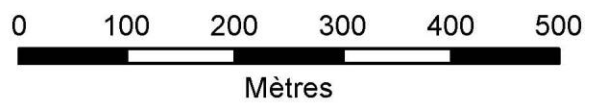
Les différents enjeux identifiés précédemment apparaissent sur la carte des enjeux.



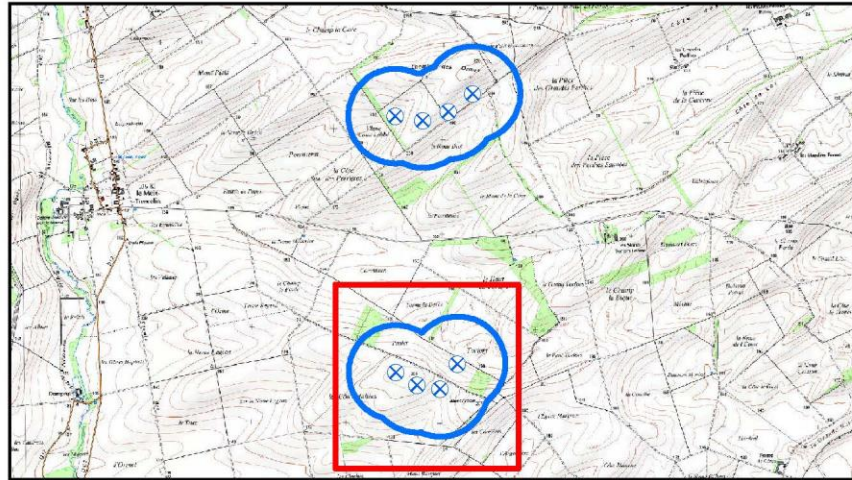
Cartes des enjeux, zone 1 et 2 pages suivantes








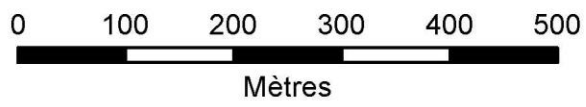
-  Eolienne
-  Aire d'étude (périmètre de 500 m)
-  Eolienne existante (Parc éolien de 4 vallées 2)
-  Réseau électrique souterrain
-  Chemin







-  Eolienne
-  Aire d'étude (périmètre de 500 m)
-  Eolienne existante (Parc éolien de 4 vallées 2)
-  Réseau électrique souterrain
-  Chemin



 **1:7 000**  
(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

Réalisation : AIRELE, 2016  
Source de fond de carte : IGN SCAN 25<sup>®</sup> - BING Aerial  
Sources de données : GAMESA - AIRELE, 2016



## 2.4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

### 2.4.1. CARACTÉRISTIQUES DE L'INSTALLATION

#### 2.4.1.1. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES D'UN PARC ÉOLIEN

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

- plusieurs aérogénérateurs, dit « éoliennes » ;
- un réseau électrique inter-éolien ;
- d'un ou plusieurs postes de livraison électriques, par lesquels passe l'électricité produite par le parc avant d'être livrée sur le réseau public d'électricité ;
- d'un ensemble de chemins d'accès aux éléments du parc ;
- de moyens de mesures du vent ;
- de moyens de communication permettant le contrôle et la supervision à distance du parc éolien.

#### ❖ Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

- d'un rotor, constitué de trois pales – permettant de transformer l'énergie du vent en une énergie mécanique (rotation) ;
- d'une nacelle, dans laquelle se trouve la plus grande partie des composants permettant de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique, ainsi que l'automate permettant la régulation du fonctionnement de l'éolienne. La nacelle a la capacité de pivoter à 360° pour présenter le rotor face au vent, quelle que soit sa direction.

et d'une partie fixe constituée :

- d'une tour (mât tubulaire), dont la fonction principale est de porter en altitude le rotor et la nacelle ;
- d'une fondation assurant l'ancrage au sol de l'ensemble ;
- d'une plateforme et un accès, permettant de construire et d'exploiter l'éolienne et sous lesquels passent les câbles électriques et la fibre optique la joignant au poste de livraison.

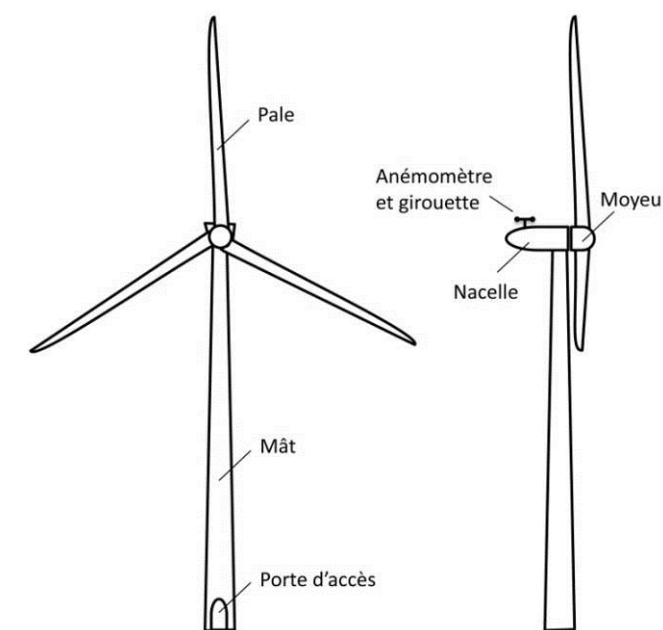


Figure 4. Schéma simplifié d'un aérogénérateur

#### ❖ 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 surplomb ou de survol** correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât.
- **La plateforme** correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et de la configuration du site d'implantation.

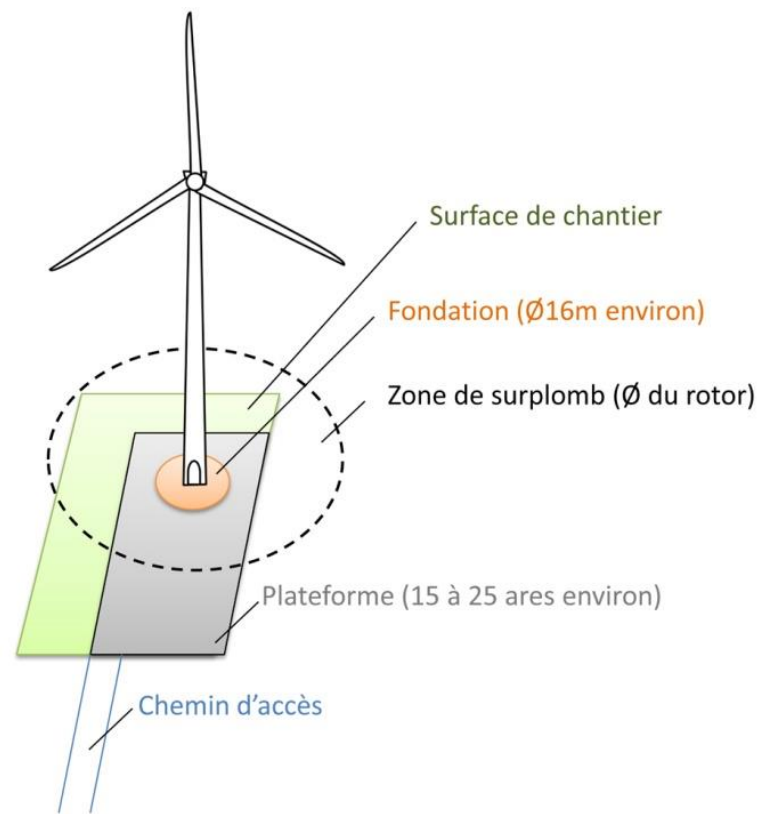


Figure 5. Illustration des emprises au sol d'une éolienne

#### ❖ Chemins d'accès

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de constructions 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.

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).

### 2.4.1.2. ACTIVITÉ DE L'INSTALLATION

L'activité principale du **parc éolien de Quatre Vallées IV** est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent.

### 2.4.1.3. COMPOSITION DE L'INSTALLATION

**Le parc éolien sera composé de 8 aérogénérateurs et 2 postes de livraison.** L'aérogénérateur retenu pour le projet d'extension est une machine GAMESA G97 dont les caractéristiques sont les suivantes :

GAMESA G97	
Puissance (MW)	2 – 2,1 MW
Hauteur moyeu (m)	78 m
Hauteur totale en bout de pale (m)	125,5 m
Largeur à la base du mât (m)	4 m
Longueur pale (m)	48,5 m
Corde de la pale (m)	3,41 m
Diamètre rotor (m)	97 m

Tableau 3. Modèle d'aérogénérateur

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison :

Installation	Système de coordonnées géographiques Lambert II étendu		Altitude approximative (m NGF)
	Easting	Northing	
E11	756 566	2 407 375	182,5
E12	756 860	2 407 332	208,5
E13	757 129	2 407 424	204,5
E14	757 385	2 407 620	207,5
E15	756 594	2 404 663	206,5
E16	756 819	2 404 530	203,5
E17	757 068	2 404 488	194,5
E18	757 250	2 404 760	181,5
PDL 1	Le Meix Tiercelin, ZB 16		206
PDL 2	Saint Ouen Domprot, ZM 25		186

Tableau 4. Coordonnées des aérogénérateurs et des postes de livraison

Les différents aérogénérateurs, le poste de livraison, les plateformes, les chemins d'accès et les réseaux enterrés sont représentés sur les plans réglementaires (cf cahier n°7 Documents demandés au titre du code de l'environnement).

La société d'exploitation du parc éolien des Moulins du Puits gèrera l'exploitation du parc éolien .Le montage des machines et la maintenance seront assurés par la société GAMESA EOLICA. Chaque parc éolien fait l'objet d'un contrat de maintenance full services long terme qui assure à un futur exploitant une maintenance préventive suivant les prescriptions du constructeur et une intervention rapide en cas de défaillance ou de panne de l'éolienne.

### 2.4.1.4. PRINCIPLE DE FONCTIONNEMENT D'UN AÉROGÉNÉRATEUR GAMESA

Une éolienne permet de récupérer l'énergie cinétique du vent pour produire de l'électricité, grâce aux éléments suivants qui la composent : le mât qui permet de placer l'éolienne à une hauteur où la vitesse du vent est plus élevée et plus régulière qu'au sol, un rotor constitué de 3 pales, monté sur l'arbre lent qui transmet le mouvement de rotation au multiplicateur, une nacelle montée au sommet du mât et abritant les composants électriques, hydrauliques et électroniques nécessaires pour convertir le mouvement de rotation du rotor en énergie électrique à la sortie de du générateur asynchrone.

1. Les pales : elles captent l'énergie cinétique du vent et transmettent un mouvement de rotation à travers le train de puissance au générateur. Elles sont en fibre de verre et/ou fibre de carbone (matériaux composites). Leur profil est le fruit d'études aérodynamiques complexes.
2. Le moyeu : les 3 pales sont fixées sur le moyeu formant ainsi le rotor, solidaire de l'arbre lent. Il est pourvu d'un système qui permet d'orienter les pales pour réguler la vitesse de rotation et optimiser l'énergie produite.
3. L'arbre principal (ou arbre lent) : il relie le rotor au multiplicateur.
4. Le multiplicateur : il permet de découpler la vitesse de rotation. Il est solidaire en amont de l'arbre lent et en aval de l'arbre rapide.
5. L'arbre rapide : il relie le multiplicateur au générateur. Il est équipé d'un frein à disque mécanique qui est un frein secondaire (le frein principal étant le frein aérodynamique – mise en drapeau des pales), ce frein n'est activé que lorsque la machine est à l'arrêt pour maintenir le rotor en position bloquée.
6. Le générateur électrique : il assure la transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique. Il s'agit d'un générateur asynchrone doublement alimenté à 4 pôles (produisant du courant alternatif).
7. Le mât (la tour) : il consiste en une structure tubulaire de forme tronconique qui peut être en acier ou en béton. Le mât est composé de plusieurs tronçons en fonction de sa hauteur. La hauteur du mât a un impact important sur la production d'énergie: plus elle est importante, plus la vitesse du vent augmente, augmentant ainsi la production.
8. Le système d'orientation de la nacelle (active yaw) : une couronne dentée équipée de plusieurs moteurs permettant d'orienter la nacelle de l'éolienne. Un système de frein permet de garder la nacelle dans l'axe du vent.
9. Le système de refroidissement : plusieurs systèmes de refroidissement sont destinés à garder les organes fondamentaux à une température de fonctionnement optimale (multiplicateur, générateur, transformateur, armoire électrique TOP).
10. Les outils de mesure du vent : girouette pour la direction et anémomètres pour la vitesse. Les données de ces appareils sont transmises par communication RS485 (câble de cuivre) au système de commande de l'éolienne.
11. Le système de contrôle électronique : il gère le fonctionnement général de l'éolienne et de son mécanisme d'orientation.
12. Le transformateur est situé dans la nacelle

La vitesse de rotation de l'éolienne est mesurée à différents points du train de puissance. Pour mesurer la vitesse du rotor, des capteurs inductifs sont utilisés.

Le frein principal de l'aérogénérateur est de type aérodynamique par la mise en drapeau des pales. Le système de changement de pas étant indépendant pour chacune des pales, l'aérogénérateur dispose d'un système de sécurité en cas de défaillance de l'une d'elles.

Un centre de gestion à distance, le Telemando, recueille les données transmises par le SCADA (Système de Contrôle et d'Acquisition des Données) et permet de suivre le fonctionnement du parc éolien à distance.

> [Découpage fonctionnel de l'installation :](#)

#### ❖ Fondations

<b>Fonction</b>	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol
<b>Description</b>	Les Fondations standards sont de type dalle en béton armé à l'acier. Le design et les dimensions de la fondation sont calculés en fonction des caractéristiques de design de l'aérogénérateur, mais aussi en fonction des caractéristiques du terrain ainsi que les données de vent de l'emplacement. Après les travaux, les fondations seront recouvertes de terre de remblais compactée. Seule la base du mât émergera à la surface du sol.

#### ❖ Nacelle

<b>Fonctions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supporter le rotor</li> <li>• Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité</li> </ul>
<b>Description</b>	<p>La nacelle comprend les éléments suivants :</p> <p>Module de la nacelle:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Carénage ;</li> <li>- Châssis</li> <li>- Structure et plate-forme ;</li> <li>- Système d'orientation au vent (Active Yaw);</li> <li>- Système hydraulique ;</li> <li>- Panneaux de contrôle et de puissance incluant convertisseur;</li> <li>- Panneau de contrôle d'orientation de la nacelle.</li> </ul> <p>Module de train de puissance :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Arbre principal (arbre lent) ;</li> <li>- Multiplicateur.</li> </ul> <p>Module de l'arbre rapide :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Arbre rapide ;</li> <li>- Frein mécanique ;</li> <li>- Coupleur.</li> </ul> <p>Module du générateur</p> <p>Module du transformateur,</p> <p>Module du système de refroidissement extérieur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Système de refroidissement du générateur: par air avec échangeur air/air,</li> <li>- Système de refroidissement de l'huile du multiplicateur: par air avec échangeur huile/air (3 ventilateurs),</li> <li>- Système de refroidissement de l'armoire TOP : par eau glycol avec échangeur air/eau glycol,</li> <li>- Système de refroidissement du transformateur : par air avec échangeur air/air (6 ventilateurs).</li> </ul>

## Rotor

<b>Fonction</b>	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice
<b>Description du rotor</b>	Le rotor de l'éolienne est équipé de trois pales. Celles-ci sont composées de fibre de verre et /ou de fibre de carbone. Ces matières, ainsi que le design aérodynamique de la pale jouent un rôle important dans le rendement de l'éolienne et son comportement sonore. Les pales incluent une protection contre la foudre, grâce à un câble de cuivre qui permet d'évacuer en toute sécurité le courant de foudre depuis le capteur situé en bout de pale vers la fondation. Les pales sont également équipées d'un système de drainage pour permettre l'évacuation d'eau (éventuellement formée par condensation), évitant ainsi tout risque de vaporisation brutale de l'eau.

## 2.4.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

### 2.4.2.1. SÉCURITÉ DE L'INSTALLATION

#### ■ CERTIFICATION

Les éoliennes Gamesa G97 sont conformes au cadre normatif fixé par le classement en ICPE des parcs :

##### > Conception des installations

- dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 ;
- dispositions de la norme IEC EN 61 400-24 dans sa version de juin 2010.

##### > Installations électriques

Les installations électriques extérieures aux aérogénérateurs sont conformes aux normes suivantes :

- NFC 15-100 (Version compilée de 2008) ;
- NFC 13-100 (Version de 2001) ;
- NFC 13-200 (Version de 2009).

##### > Mesures de nuisances

- NF 31-114 dans sa version en vigueur six mois après la publication de l'arrêté de classement en ICPE des parcs éoliens ;
- NFS 31-114 dans sa version de mai 2011.

#### ■ CONFORMITÉ AUX PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

##### > Capteurs

L'aérogénérateur G97 est équipé de différents capteurs qui contrôlent en permanence plusieurs paramètres. Certains capteurs sont destinés à recueillir des signaux externes à l'aérogénérateur comme, par exemple, la température extérieure ou la vitesse et la direction du vent. D'autres ont pour rôle d'enregistrer des paramètres de fonctionnement des aérogénérateurs comme les températures des composants, les niveaux de pression, les vibrations ou la position des pales.

##### > Dispositif de freinage

Le frein principal de l'aérogénérateur est de type **frein aérodynamique par la mise en drapeau des pales**. Le système de changement de pas étant indépendant pour chacune des pales, il existe une sécurité en cas de défaillance de l'une d'elles.

Le frein mécanique est composé d'un frein à disque, activé hydrauliquement et qui est monté à la sortie de l'arbre rapide du multiplicateur. Ce frein mécanique est utilisé uniquement comme frein de stationnement ou lorsque le bouton-poussoir d'arrêt d'urgence est actionné.

##### > Détection de survitesse

Tous les aérogénérateurs sont équipés de système de détection de survitesse, à même d'arrêter la machine et d'envoyer une alarme en cas de phénomène anormal. **La transmission de l'alarme est immédiate, via le SCADA.**

##### > Protection contre la foudre

L'aérogénérateur G97 est protégé contre l'impact de la foudre par un système de transmission allant des récepteurs de pale et de nacelle jusqu'aux fondations, en passant par le carénage, le châssis et la tour. Ce système évite le passage de la foudre à travers les composants critiques. Pour ce qui est des systèmes de protection supplémentaires, le système électrique est doté de protecteurs de surtension.

Tous ces systèmes de protection ont été conçus pour offrir un niveau de protection maximal de classe I conformément à la norme CEI 62305, les normes CEI 61400 et CEI 61024 étant prises comme référence.

Les éoliennes répondent également aux exigences de l'arrêté du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation, modifié par l'arrêté du 19 juillet 2011 :

- Article 16, troisième alinéa : « En outre, les dispositions du présent arrêté peuvent être rendues applicables par le préfet aux installations classées soumises à autorisation non visées par l'annexe du présent arrêté dès lors qu'une agression par la foudre sur certaines installations classées pourrait être à l'origine d'événements susceptibles de porter atteinte, directement ou indirectement, aux intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. » ;
- L'article 22 de l'arrêté du 26 août 2011(modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014) qui évoque les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité en cas d'orages.
- Les articles 23 et 24 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014) qui stipulent le système de détection et d'alerte en cas d'incendie ainsi que les moyens de lutte contre l'incendie.

De plus le personnel Gamesa Eolica dispose d'un document de bonne pratique intitulé « procédure à suivre avant, pendant et après un orage », lui permettant de réagir de manière efficace dans ce genre de situation.

##### > Système de détection de givre/glacé

Dans le cas de conditions climatiques spécifiques (froid et humidité importante), la formation de glace sur les pales de l'éolienne peut se produire.

Les éoliennes GAMESA sont munies d'un système de gestion qui identifie toute anomalie de fonctionnement. Dans ce cas précis, la présence de glace sur les pales est détectée :

- par le capteur de vibration installé sur l'axe lent de l'éolienne, qui capterait un balourd dans la rotation du rotor
- lorsque une température extérieure basse est associée à par une perte de production importante
- par un détecteur de givre installé sur la nacelle

Dans ces cas, une alarme empêche le démarrage de l'éolienne, ou arrête le fonctionnement de l'éolienne.

> Mise à la terre

Le système de mise à la terre des éoliennes GAMESA est assuré par un ensemble de prises de terre individuelles, intégrées dans les fondations puis connectées sur une barre de terre située en pied de mât.

Sont raccordées sur cette barre, la terre des équipements électriques et le dispositif de protection contre la foudre.

> Balisage aviation

L'arrêté du 13 novembre 2009 impose que les éoliennes soient repérables par les aéronefs.

Ainsi, les éoliennes dont la hauteur totale (en bout de pale) est supérieure à 50m doivent être munies d'un dispositif de balisage disposé sur la nacelle.

Un système de balisage lumineux clignotant bicolore est disposé sur le plus haut point du toit de la nacelle. Le balisage diurne est blanc, le balisage nocturne est rouge.

Dans le cas d'un champ d'éolienne les systèmes de balisage sont synchronisés pour limiter les perturbations visuelles.

L'alimentation électrique de ces dispositifs est assurée par les systèmes auxiliaires des éoliennes. En cas de perte d'alimentation, un système autonome peut assurer le balisage pour une durée minimum de 12 heures.

> Détection incendie et protection incendie

Les éoliennes Gamesa Eolica sont équipées de différents capteurs directement ou indirectement impliqué dans la détection du feu ou la prévention incendie

Ces capteurs peuvent quand ils détectent une défaillance qui pourrait résulter de l'apparition d'un départ de feu dans l'éolienne, déclencher l'appareillage de commutation MV, débranchant ainsi l'éolienne du réseau).

Dispositifs de détection

- Détecteurs de fumée
- Détecteur d'arc
- Détecteurs de température capteurs PT100



Trois capteurs PT100 sont situés dans le point le plus critique de chaque aérogénérateur (pour détecter les températures anormales qui pourraient aboutir à une présence de feu dans le transformateur. Si un capteur mesure des températures sont trop hautes l'éolienne est mise en statut de secours et une alarme est déclenchée.

Dispositifs de secours

En dehors du système de protection électrique décrit ci-dessus, les éoliennes sont équipées de deux extincteurs : dans la nacelle et dans la base de tour près de la porte.

Information des tiers

Des panneaux d'information des tiers seront affichés sur les chemins d'accès aux aérogénérateurs, et poste(s). Cette signalisation comprendra :

- Les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;
- Les numéros des services d'urgence à contacter en cas d'accident ;
- L'interdiction de pénétrer dans les aérogénérateurs ;
- La mise en garde face au risque d'électrocution ;
- La mise en garde face au risque de chute de glace.

Les agriculteurs exploitants situés dans la zone de portée seront informés des consignes de sécurité et des numéros de services d'urgence à contacter en cas de besoins.

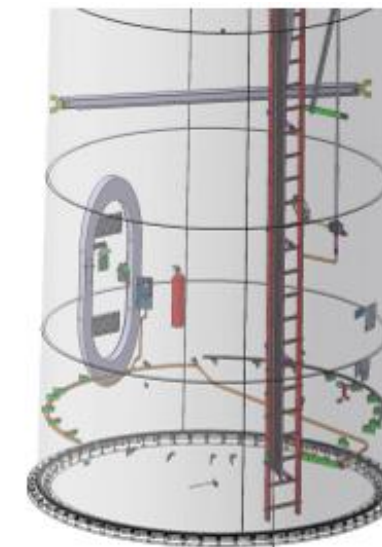
Les communes concernées devront prendre en charge la prévention et la sécurité lors de la présence occasionnelle de groupes de personnes (centres de loisirs, groupes scolaires...).

Les personnes étrangères à l'installation n'auront pas libre accès à l'intérieur des aérogénérateurs et au poste.

Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste électrique seront maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.

Des panneaux d'affichage annonceront clairement la zone à risque pour la chute de glace.

Des panneaux d'informations seront apposés à l'entrée des chemins pouvant mener au parc éolien afin de prévenir la population d'un danger potentiel de chute de glace.



■ ORGANISATION DES MOYENS DE SECOURS

> Système de contrôle de l'installation

L'aérogénérateur G97 s'intègre au système de télésurveillance et acquisition de données (SCADA) Gamesa WindNet®, qui permet d'accéder aux informations du parc éolien au moyen d'un navigateur web, de façon simple et intuitive.

Le système Gamesa WindNet® se configure et s'adapte facilement à n'importe quelle distribution des parcs éoliens, y compris lorsqu'ils sont composés de différents modèles d'aérogénérateurs. Il est capable de communiquer de manière rapide et efficace à une quelconque topologie de parc basée sur des technologies de réseau Ethernet. Le système permet également l'intégration d'équipements du parc éolien, comme des sous-stations électriques, des appareils de puissance réactive ou encore des bancs de condensateurs, etc.

Le système Gamesa WindNet® prend en charge une large gamme de protocoles de communication utilisés par les systèmes éoliens, comme OPC DA, MODBUS et DNP3. La communication avec les aérogénérateurs Gamesa est basée sur un protocole propriétaire, robuste et efficace.

Avec cet outil, l'utilisateur pourra à tout moment :

- Effectuer le suivi et le contrôle des équipements du parc éolien.
- Connaître la production d'énergie de chaque aérogénérateur du parc.

- **Surveiller en temps réel les alarmes des différents éléments composant le parc** et observer l'historique de ces dernières.
- **Envoyer des ordres directs aux aérogénérateurs** (démarrage, pause ou pas d'urgence) et à la sous-station.
- Analyser l'évolution de variables dans le temps de façon simple, grâce aux graphiques des historiques de tendances : Gamesa Trend Viewer.
- Créer des rapports des productions et des disponibilités. Gamesa Report Generator.
- **Envoyer des messages d'état et d'alarmes sur un portable par SMS.**
- Intégrer les équipements de compensation d'énergie réactive (STATCOM et SVC).
- **Gérer la maintenance prédictive avec l'intégration de Gamesa SMP.**
- Gérer différents profils d'utilisateurs, assurant ainsi la sécurité et simplifiant également l'utilisation quotidienne de l'application.

Il existe en option une série de modules qui ajoutent des fonctionnalités avancées au système Gamesa WindNet®:

- Module de limitation de puissance active.
- Module de régulation de puissance réactive générée.
- Module de régulation de fréquence.
- Élaboration de rapports personnalisés avec Gamesa Information Manager, par la catégorisation des pertes d'énergie.
- Module de contrôle de sillage.
- Module de contrôle de bruit : Gamesa NRS®.
- Module de contrôle d'ombres.
- Module de contrôle de gel.

L'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné est 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.

Ces données se conforment à **l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011** (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014) 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 :

- Chaque aérogénérateur est doté d'un système de détection qui permet d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur ;
- L'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur ;
- L'exploitant dresse la liste de ces détecteurs avec leur fonctionnalité et détermine les opérations d'entretien destinées à maintenir leur efficacité dans le temps.

#### > Procédure d'urgence

Les personnels habilités et autorisés par l'exploitant, qui interviennent sur le parc seront formés à toutes les procédures d'urgence, en particulier à l'utilisation des systèmes de première intervention sur un départ de feu. Ces procédures d'urgence feront l'objet d'exercices d'entraînement, conformément à l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014), le cas échéant en lien avec les services de secours, notamment le SDIS 51 (Service Départemental d'Incendie et de Secours) qui sera le service d'urgence à contacter en priorité.

La société Gamesa a déjà organisé en coopération avec différents SDIS des simulations d'évacuation afin de permettre aux équipes de se familiariser avec ce type d'intervention.



Figure 6. Photographie d'une simulation SDISS des Deux Sèvres

## 2.4.2.2. OPÉRATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

La société d'exploitation du **parc éolien des Moulins du Puits**, propriétaire du parc éolien planifiera des mesures relatives à l'entretien, contrôlera leur application et en particulier s'assurera que :

- l'éolienne est uniquement exploitée en état de fonctionnement irréprochable ;
- seul un personnel qualifié et autorisé conduit, entretient et répare l'éolienne ;
- ce personnel est régulièrement informé de toutes les questions de sécurité du travail et de protection de l'environnement ;
- Le personnel connaît toutes 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 ;
- tous les dispositifs d'avertissement et panneaux de sécurité restent intacts et à jour.

### ■ MISE EN ROUTE ET VÉRIFICATION ANNUELLE

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

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

Au moins tous les 12 mois, **GAMESA** réalisera une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse, en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

### ■ INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

Conformément à l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014), les installations électriques seront entretenues en bon état et seront contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente, suite à quoi, un rapport sera établi selon les dispositions fixées par l'arrêté du 10 octobre 2000.

### ■ CONSIGNES DE SÉCURITÉ

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 :

- les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ;
- les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt ;
- les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;
- les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours.

Les consignes de sécurité indiquent également les mesures à mettre en 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, incendie ou inondation.

### ■ FRÉQUENCE DE MAINTENANCE

On distingue trois types de maintenance :

- La maintenance préventive ;
- La maintenance prédictive ;
- La maintenance corrective.

La maintenance du site du parc éolien permet d'assurer les contrôles détaillés ci-après.

Le suivi de la maintenance se fait par la mise à jour systématique du manuel d'entretien.

### ■ EQUIPEMENTS DU PERSONNEL

En l'absence de prescription spécifique dans l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014), notons que le personnel devra être équipé de matériel de sécurité adapté et conforme à la réglementation sur la sécurité du travail.

### ■ CONTRÔLES RÉGLEMENTAIRES

Plusieurs arrêtés fixent différents type de contrôles réglementaires pour les des parcs éoliens. Il peut s'agir de contrôles internes ou externes.

Les contrôles externes règlementaires:

- Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 (certification 2006/42/CE) ;
- L'aérogénérateur est conforme aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 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 ;
- Les aérogénérateurs respectent les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010) ;

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).



Equipement	Legislation	Contrôlé par	Périodicité du contrôle	Observations
palan	Periodicité: arrêté du 1 Mars 2004, article 23. <b>Contrôle:</b> arrêté du 1 Mars 2004, alinea f) article 3.	personne qualifié et compétante	tous les ans	Epreuve statique d'un appareil de levage .Les conditions de l'épreuve statique, la durée de l'épreuve et le coefficient d'épreuve sont ceux définis par la notice d'instructions du fabricant, ou ceux définis par la réglementation appliquée lors de la conce
palan	Verification lors de la remise en service. CT art.4323-28	personne qualifié et compétante	Après toute opération de démontage et Rémontage	
ligne de vie	Verication Periodique CT art.4323-100	personne qualifié( CT art.4323-100)	tous les ans	
ascenseur	Arrêté du 1 mars 2004 art.10 et 11 la vérification concernant les limiteurs de charge	personne qualifié et compétante	6 mois (Arrête du 1 mars 2004 art. 23)	Epreuve statique d'un appareil de levage .Les conditions de l'épreuve statique, la durée de l'épreuve et le coefficient d'épreuve sont ceux définis par la notice d'instructions du fabricant, ou ceux définis par la réglementation appliquée lors de la conce
ascenseur/palan	Veirification initiale . Arrête du 1 mars 2004 art.12 et CT art.R 4323-22	personne qualifié et compétante		
ascenseur/palan	Verification lors de la remise en service. Arrête du 1 mars 2004 art.19 et CT art.R4323-28	personne qualifié et compétante	Après toute opération de démontage et Rémontage	
Elements électriques	Décret n °88-1056 du 14/11/1988 art.47. Une surveillance des installations électriques doit être assurée	L'employeur ne peut confier les travaux ou opérations sur des installations électriques ou à proximité de conducteurs nus sous tension qu'à des personnes qualifiées pour les effectuer et possédant une connaissance des règles de sécurité en matière électri	Cette surveillance doit être opérée aussi fréquemment que de besoin, article n° 47	Parties actives, état des conducteurs, propreté des appareils, dispositifs différentiels...
Elements électriques	CT art R4215-1 et suivants, Décret 88 -1056 du 14/11/1998 modifié art. 53, Arrêté du 10/10/2000 art.4. Vérification initiale (installation neuves et installations ou parties ayant fail l'objet d'une modification de structure	Organisme ou personne ayant des connaissances approfondies dans le domaine de prévention des risques électriques		

Tableau 5. Extrait du Plan de Sécurité et de Santé pour les « Activités générales »

Source : Gamesa

Les contrôles internes règlementaires :

- Les pales et les éléments susceptibles d'être impactés par la foudre doivent faire l'objet d'un contrôle visuel. – Article 9 du décret du 26 août 2011(modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014) ;
- Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur sont entretenues, maintenues en bon état et contrôlées. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 ;
- L'exploitant est tenu de réaliser avant mise en service industrielle puis tous les ans 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. – Article 15 du décret du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014);
- 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 fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât. Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité. Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées – Article 18 du décret du 26 août 2011(modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014) ;
- 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 – Article 19 du décret du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014).

### LE SYSTÈME DE MAINTENANCE PRÉDICTIVE

L'aérogénérateur G97 est équipé d'un système de maintenance prédictive GAMESA SMP développé par GAMESA sur la base d'analyse de vibration et optimisé pour une application éolienne. Le système peut gérer et traiter simultanément les informations des 12 accéléromètres situés à des points stratégiques de l'aérogénérateur, comme le multiplicateur, le générateur et les enroulements avant de l'arbre principal.

Les principales caractéristiques du Gamesa SMP sont :

- surveillance continue des composants critiques de l'aérogénérateur,
- capacité de traitement du signal et détection des alarmes,
- intégration au PLC et aux réseaux de parc Gamesa WindNet,
- facilité de maintenance.

En général, l'objectif principal de maintenance prédictive est la détection précoce de défaillances ou de détériorations au niveau des principaux composants de l'aérogénérateur.

### 2.4.2.3. STOCKAGE ET 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.

### 2.4.3. FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX DE L'INSTALLATION

#### 2.4.3.1. RÉSEAUX ÉLECTRIQUES INTERNES

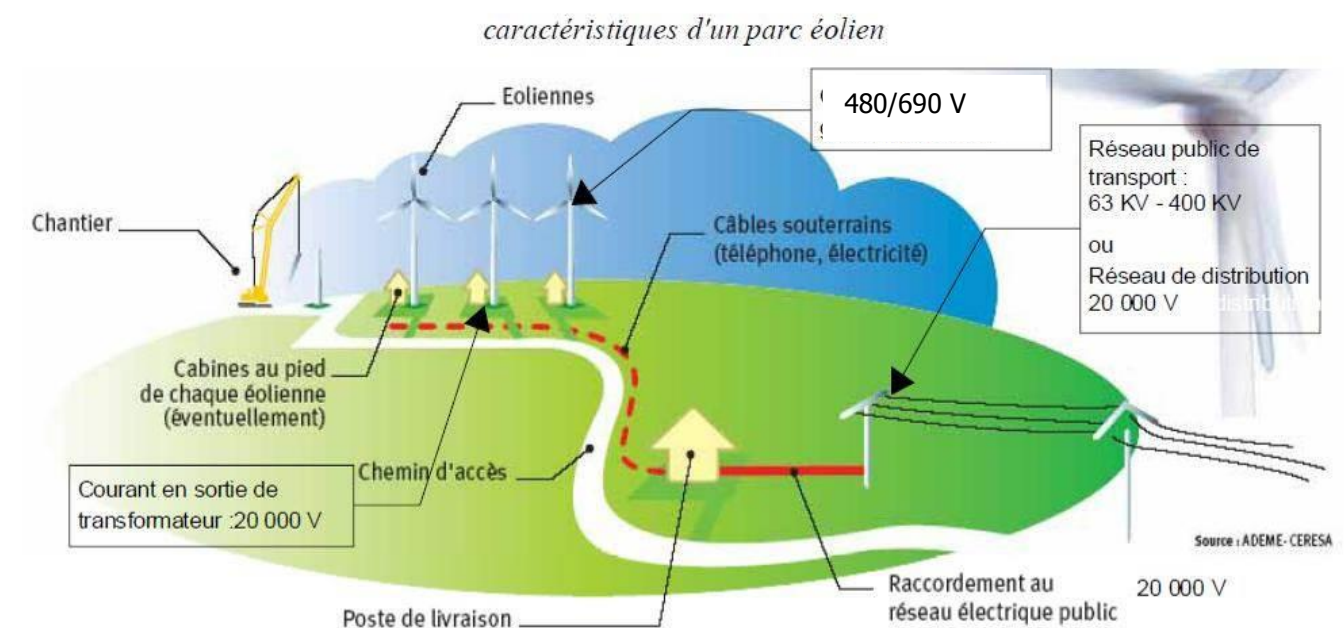


Figure 7. Schéma électrique d'un parc éolien (Source: ADEME)

#### ❖ Caractéristiques électriques des éoliennes

Les aérogénérateurs produisent un courant alternatif de 690 V. Afin de pouvoir délivrer cette production sur le réseau national d'électricité, cette tension sera élevée à 20 000 et chaque éolienne est ainsi équipée d'un transformateur 690 / 20 000 V. Le transformateur se trouve dans la nacelle (partie haute de la nacelle) ce qui évite toute emprise au sol supplémentaire.

#### ❖ Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur au poste de livraison. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm.

Pour le projet de **Quatre Vallées IV**, l'itinéraire du raccordement interne du parc est indiqué sur les plans réglementaires. À noter que sa présence au sein des parcelles cultivées ne présente pas de contrainte particulière compte tenu de sa profondeur. Les installations électriques extérieures respecteront les normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009).

La mise à la terre s'effectue par un câble de cuivre parcourant la totalité du tracé assurant ainsi une prise de terre faible (inférieure à 2 Ohms) sécurisant les biens et les personnes en cas de défaut.

L'interconnexion entre les différents aérogénérateurs est assurée par des cellules électriques possédant des têtes de câbles isolées.

#### ❖ Postes de livraison

Le poste électrique a pour fonction de centraliser l'énergie produite par toutes les éoliennes du parc, avant de l'acheminer vers le poste source du réseau électrique national.

Deux postes de livraison sont prévus pour le parc éolien de Quatre Vallées IV. Ils mesurent 8 mètres sur 2,5 mètres et abrite les cellules de protection, de départ et d'arrivée destinées à l'injection de l'énergie produite vers le réseau public de distribution ainsi que si nécessaire un filtre 175 Hz destiné à atténuer la perturbation du parc éolien sur les signaux tarifaires du gestionnaire du réseau public de distribution.

### 2.4.3.2. AUTRES RÉSEAUX

Le parc éolien de **Quatre Vallées IV** 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.

### 2.4.3.3. RACCORDEMENT EXTERNE AU RÉSEAU HTA

Le raccordement d'un parc éolien résulte d'un accord entre le producteur et le gestionnaire du réseau sous l'égide de la Commission de Régulation de l'Électricité (CRE). Les lignes électriques à créer pour raccorder les éoliennes au réseau public de distribution ou de transport sont à la charge de l'opérateur ainsi que le renforcement des lignes électriques existantes. Les travaux seront réalisés par le gestionnaire du réseau qui en assurera la maîtrise d'ouvrage.

Le tracé et les caractéristiques de raccordement seront définis avec précision lors de la demande de PTF qui ne pourra s'effectuer après l'obtention de la présente autorisation unique.

Le schéma de raccordement S3REnR de Champagne Ardenne du 27 décembre 2012 est en cours de révision pour augmenter la capacité d'accueil du secteur.

Les postes sources les plus proches disposant d'une capacité d'accueil sont Marolles et La Chaussée. **Il est vraisemblable que le parc sera raccordé au poste source de MAROLLES selon les pré-études.**

**Le tracé et les caractéristiques du réseau inter-éolien font l'objet de la demande d'approbation au code de l'énergie réalisée par GAMESA et présentée dans le cahier n°7 de la présente demande d'autorisation unique.**

## 2.5. 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, sera traité dans l'analyse de risques.

### 2.5.1. POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PRODUITS

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

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien 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 les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...).

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

#### ■ INVENTAIRE DES PRODUITS

Les substances ou produits chimiques mis en œuvre dans l'installation sont limités. Les seuls produits présents en phase d'exploitation des turbines sont :

- L'huile hydraulique ;
- L'huile de lubrification du multiplicateur ;
- L'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement ;
- Les graisses pour les roulements et systèmes d'entraînements ;
- L'hexafluorure de soufre (SF6), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique.

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

■ **DANGERS DES PRODUITS**

> Inflammabilité et comportement vis à vis de l'incendie

Les huiles, les 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 ils ne sont amenés dans l'éolienne que pour les interventions et sont repris en fin d'opération.

Le SF6 est pour sa part ininflammable.

> 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.

> Dangérosité 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 limitées.

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

**En conclusion, il ressort que les produits présentent des dangers en cas d'incendie ou s'ils sont déversés dans l'environnement générant un risque de pollution des sols ou des eaux.**

## 2.5.2. POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien 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 ;
- Echauffement de pièces mécaniques ;
- Courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

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

Tableau 6. Dangers potentiels d'une éolienne

## 2.5.3. RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS À LA SOURCE

### 2.5.3.1. PRINCIPALES ACTIONS PRÉVENTIVES

Les principaux choix qui ont été effectués par le porteur de projet au cours de sa conception permettent de réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation :

- le secteur est situé dans une ZDE ayant fait l'objet d'un arrêté préfectoral
- Le porteur du projet dispose de l'expérience acquise sur les projets 4 Vallées, d'une bonne connaissance locale.
- Des mesures de vents ont été effectuées en amont du projet permettant une prévision des conditions climatiques. Le choix de la machine sera adapté à ces conditions.
- Lors de la démarche de conception du projet, le porteur du projet a étudié plusieurs scénarii d'implantation afin de déterminer celui qui minimise les impacts vis-à-vis des intérêts mentionnés par l'article L511-1 du code de l'environnement.  
Dans le cadre de l'étude d'impacts, le choix de la localisation des éoliennes, a fait l'objet d'études spécifiques en fonction des contraintes suivantes :
  - L'analyse paysagère ;
  - L'analyse de l'environnement naturel ;
  - L'analyse de l'environnement humain ;
  - Les contraintes techniques ;
  - La disponibilité foncière ;
  - Les volontés politiques locales.
- Le respect des prescriptions générales de l'arrêté du 26/08/11 impose au projet :
  - Un éloignement des aérogénérateurs de 500m des habitations,
  - Un choix d'aérogénérateurs respectant des normes de sécurité et disposant d'équipements de prévention des risques,
  - La réalisation obligatoire d'un contrôle technique des ouvrages.
- Le projet prévoit un éloignement des éoliennes des routes structurantes du département,
- Le projet bénéficie de l'expérience de **GAMESA** en tant que fabricant d'aérogénérateur, installateur et développeur de parc éolien.
- Lors de l'exploitation, les principaux potentiels de dangers liés aux produits utilisés pour la maintenance, et à l'installation en elle-même (éoliennes et réseaux électriques) sont réduits au maximum à la source :
  - Produits :
    - Aucun stockage dans l'aérogénérateur ou dans les postes électriques,
    - Apport de la quantité nécessaire et suffisante uniquement,

- Personnel formé aux risques présentés par les produits utilisés,
- Consignes de sécurité strictes, affichées et connues des employés (interdiction de fumer ou d'apporter une flamme nue, arrêt de l'éolienne lors des opérations de maintenance, équipements de travail adaptés, présence d'équipements de lutte incendie...),
- La maintenance annuelle prévoit un contrôle des systèmes hydrauliques (fuite, niveaux, etc.),
- La tour et la nacelle jouent le rôle de rétentions.
- Installation :
  - Maintenance régulière,
  - Contrôle des différents paramètres d'exploitation (vent, température, niveau de vibrations, puissance électrique, etc.),
  - Report des messages d'alarmes au centre de conduite.

### 2.5.3.2. UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

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.

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 Etats-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.

## 2.6. 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 spécialisée, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détail de l'information.

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

## 2.6.1. 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. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne et a été effectué en mars 2012.

Annexe 1 : Annexe au guide technique, inventaire de l'accidentologie réalisé en mars 2012 par le groupe de travail INERIS/SER FEE

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 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.

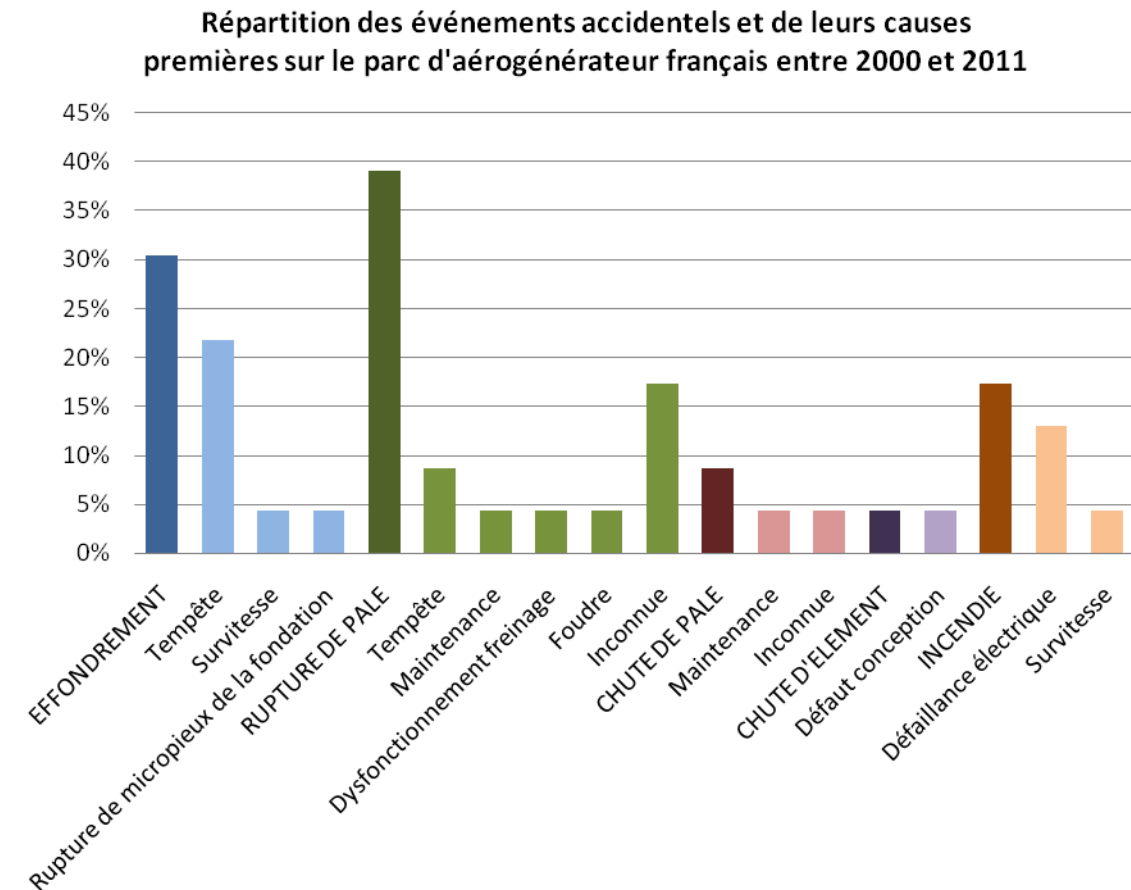
Dans le cadre de ce recensement, il n'a pas été réalisé d'enquête exhaustive directe auprès des exploitants de parcs éoliens français. Cette démarche pourrait augmenter le nombre d'incidents recensés, mais cela concernerait essentiellement les incidents les moins graves.

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de INERIS/SER FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens 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. 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'aérogénérateur 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 présentés :

- 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. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur foncée ;
- La répartition des causes premières pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur claire.



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 sont les tempêtes.

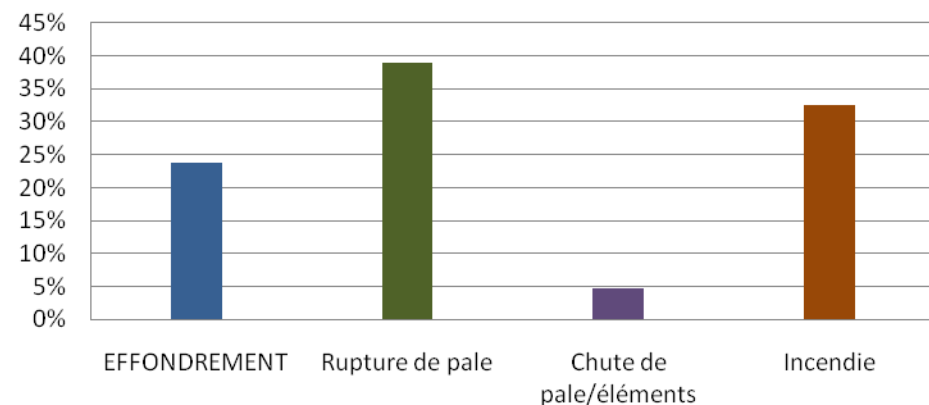
## 2.6.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS À L'INTERNATIONAL

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

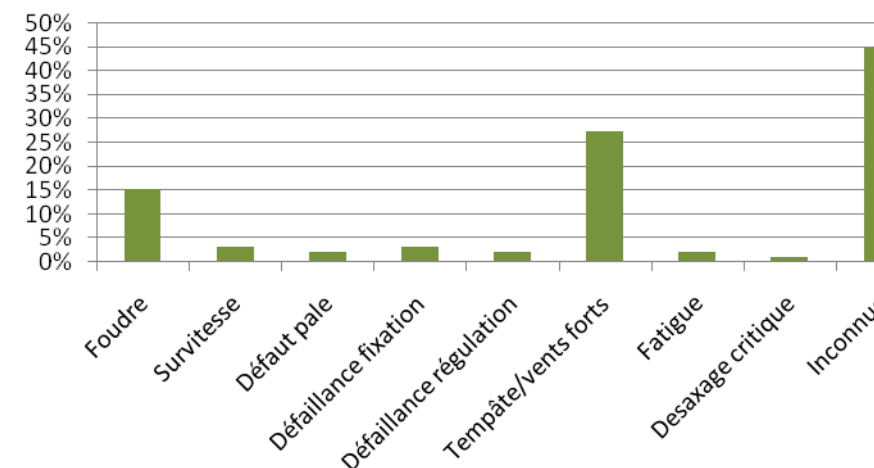
La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 236 sont considérés comme des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

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

Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

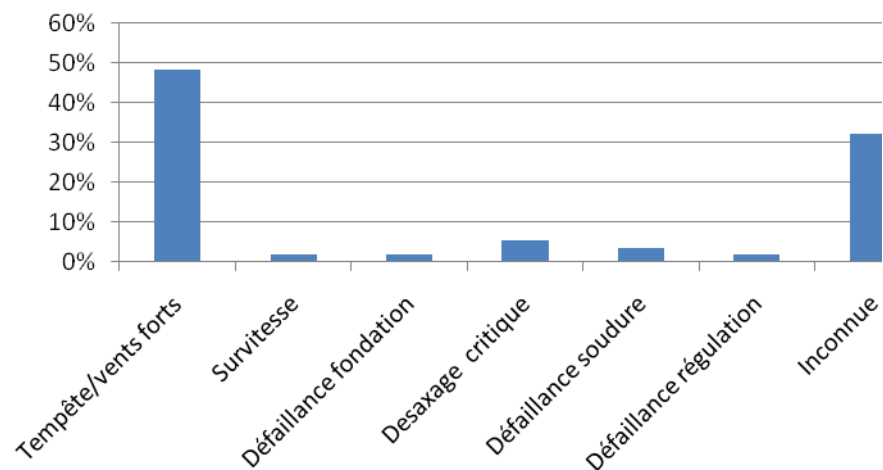


Répartition des causes premières de rupture de pale

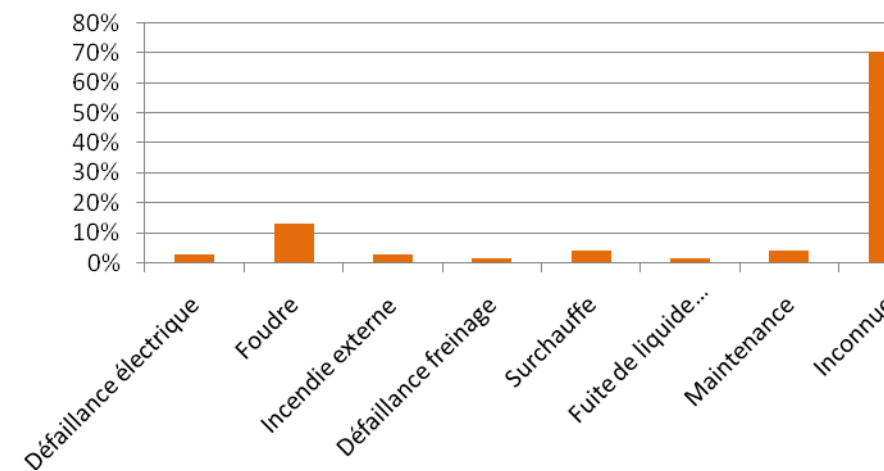


Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

Répartition des causes premières d'effondrement



Répartition des causes premières d'incendie



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

### 2.6.3. INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

Le parc éolien **Quatre Vallées II** a été mis en service au printemps 2013 et aucun accident majeur n'est à signaler.

Le groupe Gamesa compte plus de 34 GW installés à travers le monde. En France, GAMESA a installé près de 900 MW et dispose du retour d'expérience suivant :

- une accidentologie nulle en termes d'effondrement d'éolienne
- les incidents suivants :

Plateforme	Année	Description	Cause	Mesures mises en œuvre
660 kW	2014	Bris de pale	rupture de l'anneau de racine d'aluminium	Gamesa ne maintenait pas ce parc. La vérification des anneaux fait l'objet d'un contrôle périodique dans le cas d'une maintenance opérée par GAMESA
660 kW	2012	Incendie d'une nacelle	Non identifié	Gamesa ne maintenait pas ce parc. Gamesa a développé une large gamme de solutions actives et passives d'éteindre automatiquement des feux pour sa flotte entière (anciennes et nouvelles plateformes)
2.0 MW	2008	Bris partiel de deux pales	Les ruptures étaient liées à un défaut de fabrication	Toutes les pales ont été auditées puis réparées ou remplacées coordination avec le client
2.0 MW	2009	Feu dans la nacelle ayant endommagé le haut de la tour	Non identifié	Gamesa ne maintenait pas ce parc. Gamesa a développé une large gamme de solutions actives et passives d'éteindre automatiquement des feux pour sa flotte entière (anciennes et nouvelles plateformes) Depuis 2014 les machines sont équipées en série de solutions passives
660 kW	2006	Incendie éolienne	un incendie volontaire causé par un acte de malveillance (explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes.) L'une d'entre elles a mis le feu en pied de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle	Gamesa propose une large gamme de solutions (système de détection d'intrusion, caméras ... et système de détection d'entre elles)

### 2.6.4. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

#### 2.6.4.1. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

A 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.

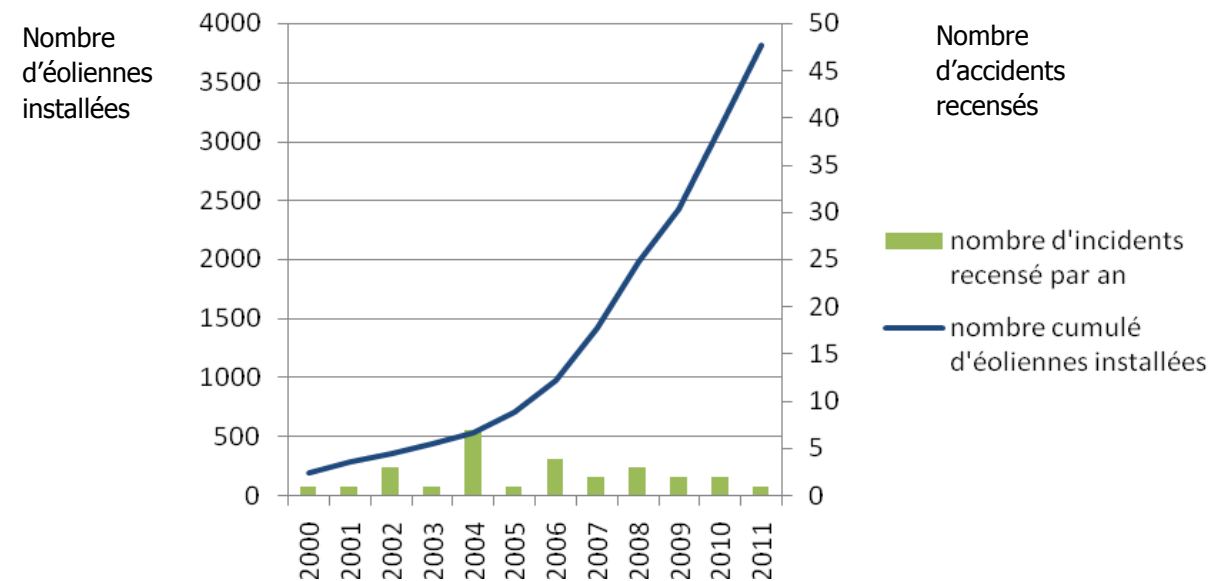


Figure 8. Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

#### 2.6.4.2. 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.**

### 2.6.4.3. 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.

## 2.7. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

### 2.7.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarii d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarii de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarii d'accident 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 scénarii d'accident sont ensuite hiérarchisés en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences. Cette hiérarchisation permet de « filtrer » les scénarii d'accident qui présentent des conséquences limitées et les scénarii d'accident majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

### 2.7.2. RECENSEMENT DES ÉVÉNEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

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

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

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

- inondations ;
- séismes d'amplitude suffisante pour avoir des conséquences notables sur les infrastructures ;
- incendies de cultures ou de forêts ;
- pertes de confinement de canalisations de transport de matières dangereuses ;
- explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne.



## 2.7.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

### 2.7.3.1. AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX ACTIVITÉS HUMAINES

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

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât de l'éolienne la plus proche
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Pas de voie structurante (fréquentation supérieure à 2000 véhicules/jour) à moins de 500 m
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Infrastructure au-delà du périmètre de 2000m
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Infrastructure au-delà du périmètre de 500m
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Présence du parc éolien de Quatre Vallées II située à 241 m de l'éolienne E11 et à 257 m de l'éolienne E15. Les autres parcs éoliens sont au-delà de 500m

Tableau 7. Agressions externes liées aux activités humaines

### 2.7.3.2. AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX PHÉNOMÈNES NATURELS

Les principales agressions externes sont liées aux phénomènes naturels. Ceux-ci sont étudiés dans le chapitre 2.3.2.2 « Risques naturels ». L'intensité des phénomènes est donnée par une cotation sur la base de données observées. Seuls sont retenus pour l'analyse des risques, les phénomènes de vents et tempête, foudre et glissement de sols.

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 puisque 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 scénarii de rupture de pale.

## 2.7.4. SCÉNARII ÉTUDIÉS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

Le tableau ci-après 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, elles sont numérotées de façon à être listées dans le chapitre « Mise en place des mesures de sécurité » ;
- une description des *phénomènes dangereux* dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident
- une évaluation préliminaire de la zone d'effets attendue 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 scénarii listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience du groupe de travail INERIS/SER FEE (« G » pour les scénarii concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
<b>G01</b>	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
<b>G02</b>	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
<b>I01</b>	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
<b>I02</b>	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
<b>I03</b>	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
<b>I04</b>	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
<b>I05</b>	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
<b>I06</b>	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
<b>I07</b>	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
<b>F01</b>	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement 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
<b>F02</b>	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
<b>C01</b>	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
<b>C02</b>	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
<b>C03</b>	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
<b>P01</b>	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
<b>P02</b>	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
<b>P03</b>	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
<b>E01</b>	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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) 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°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

Tableau 8. Analyse générique des risques

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

## 2.7.5. EFFETS DOMINOS

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

Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques 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 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 ».

Le guide technique préconise de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres.

**Aucune installation ICPE n'a été identifiée à moins de 100m.**

### 2.7.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SÉCURITÉ

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes type **GAMESA G97**.

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 sont 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 scénarii d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **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.
- **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.
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur 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.

Fonction de sécurité	de Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de 1 sécurité
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.	
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.	
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.	
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014)	
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	

Fonction de sécurité	de Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de 2 sécurité
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées	
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014)	
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 du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.	

Fonction sécurité	de	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
<b>Mesures de sécurité</b>		Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
<b>Description</b>		/		
<b>Indépendance</b>		Oui		
<b>Temps de réponse</b>		NA		
<b>Efficacité</b>		100 %		
<b>Tests</b>		Mesure prédictive annuelle : prélèvement et analyse d'huiles. Capteurs d'échauffement présents sur les pièces mécaniques.		
<b>Maintenance</b>		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 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction sécurité	de	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
<b>Mesures de sécurité</b>		Détection de survitesse et système de freinage.		
<b>Description</b>		Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
<b>Indépendance</b>		Oui		
<b>Temps de réponse</b>		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.		
<b>Efficacité</b>		100 %		
<b>Tests</b>		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(modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014).		
<b>Maintenance</b>		Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Vérifier chaque année le système OGS (Système de contrôle de la survitesse de Gamesa) sur tous nos modèles d'aérogénérateurs. Cette vérification garantit que ce système de sécurité se déclenchera si une situation de survitesse survient, pour mettre la machine sur une position sûre et éviter des dommages catastrophiques. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction sécurité	de	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de 5 sécurité
<b>Mesures de sécurité</b>		Coupe de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.	
<b>Description</b>		Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.	
<b>Indépendance</b>		Oui	
<b>Temps de réponse</b>		De l'ordre de la seconde	
<b>Efficacité</b>		100 %	
<b>Tests</b>		/	
<b>Maintenance</b>		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 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014) .	

Fonction sécurité	de	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de 6 sécurité
<b>Mesures de sécurité</b>		Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.	
<b>Description</b>		Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques	
<b>Indépendance</b>		Oui	
<b>Temps de réponse</b>		Immédiat dispositif passif	
<b>Efficacité</b>		100 %	
<b>Tests</b>		/	
<b>Maintenance</b>		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 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014).	

Fonction sécurité	de	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de 7 sécurité
<b>Mesures de sécurité</b>		Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours	
<b>Description</b>		Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)	
<b>Indépendance</b>		Oui	
<b>Temps de réponse</b>		< 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.	
<b>Efficacité</b>		100 %	
<b>Tests</b>		/	
<b>Maintenance</b>		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(modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014). Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.	

Fonction de sécurité	de	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité
<b>Mesures de sécurité</b>		Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution	8
<b>Description</b>		<p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile 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 et le camion de vidange.</p> <p>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– de contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</li> <li>– d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...)</li> <li>– de récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.</p>	
<b>Indépendance</b>		Oui	
<b>Temps de réponse</b>		Dépendant du débit de fuite	
<b>Efficacité</b>		100 %	
<b>Tests</b>		/	
<b>Maintenance</b>		Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an	

Fonction de sécurité	de	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité
<b>Mesures de sécurité</b>		Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)	9
<b>Description</b>		<p>La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne.</p> <p>Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>	
<b>Indépendance</b>		Oui	
<b>Temps de réponse</b>		NA	
<b>Efficacité</b>		100 %	
<b>Tests</b>		NA	
<b>Maintenance</b>		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 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014).	

Fonction de sécurité	de	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité
<b>Mesures de sécurité</b>		Procédure maintenance	10
<b>Description</b>		Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel	
<b>Indépendance</b>		Oui	
<b>Temps de réponse</b>		NA	
<b>Efficacité</b>		100 %	
<b>Tests</b>		Formation technique des personnels Gamesa et sous-traitants avec tests de connaissance annuels.	
<b>Maintenance</b>		NA	

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort</b>	<b>N° de fonction sécurité</b>	<b>la de 11</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	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 pâles) par le système de conduite		
<b>Description</b>	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	< 1 min		
<b>Efficacité</b>	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.		
<b>Tests</b>	Tests annuels des capteurs de survitesse (OGS)		
<b>Maintenance</b>	Contrôle et entretien des équipements		

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques</b>	<b>N° de fonction sécurité</b>	<b>la de 12</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	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		
<b>Description</b>	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		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	< 1 min		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Tests annuels des capteurs de survitesse (OGS)		
<b>Maintenance</b>	Contrôle et entretien des équipements de repli cyclonique		

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014).

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.

### 2.7.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m <sup>2</sup> n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées 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.

Tableau 9. Scénarii exclus de l'étude détaillée

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

- **Effondrement de l'éolienne ;**
- **Chute de glace ;**
- **Chute d'éléments de l'éolienne ;**
- **Projection de tout ou une partie de pale ;**
- **Projection de glace.**

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



## 2.8. ETUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarii 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.

### 2.8.1. 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 de nuage 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 nationale 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.

#### 2.8.1.1. CINÉTIQUE

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [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.**

#### 2.8.1.2. INTENSITÉ

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures (article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13]).

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [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 scénarii 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.

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

Tableau 10. Grille de cotation en intensité issue du guide technique

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

### 2.8.1.3.GRAVITÉ


Par analogie aux niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, 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.

Intensité	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 »

Tableau 11. Grille de cotation en gravité de l'arrêté du 29 septembre 2005

#### MÉTHODOLOGIE

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide de la méthode présentée en annexe 1.A du guide.

 Annexe 1 : Annexe au guide technique, méthode comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

Cette méthode se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées.

**Ainsi, pour chaque phénomène dangereux identifié, nous comptabiliserons l'ensemble des personnes présentes dans la zone d'effet correspondante.**

**Dans chaque zone couverte par les effets d'un phénomène dangereux issu de l'analyse de risque, nous identifierons les ensembles homogènes (ERP, zones habitées, zones industrielles, commerces, voies de circulation, terrains non bâtis...) et nous en déterminerons la surface (pour les terrains non bâtis, les zones d'habitat) et/ou la longueur (pour les voies de circulation).**

#### HYPOTHÈSES DE TRAVAIL

- Concernant les zones agricoles, elles sont constituées d'éléments disparates : champs, voies de circulation non structurantes (chemins ruraux, voies communales et route départementale faiblement fréquentée), abri agricole.

Selon la circulaire :

- Un champ est classé terrain non aménagé et très peu fréquenté. Compter 1 personne par tranche de 100 ha.
- Les voies de circulation non structurantes sont classées en terrains aménagés mais peu fréquentés. Compter 1 personne par tranche de 10 ha.

Pour simplifier l'analyse, nous ne différencierons pas les différents éléments et nous classerons donc les zones agricoles en terrains aménagés mais peu fréquentés (catégorie la plus majorante en termes de victimes potentielles).

- Pour les voies de communication, conformément au guide technique, nous retiendrons que les routes structurantes soit celles ayant une fréquentation supérieure à 2000 véhicules par jour. Nous ne tiendrons pas compte de l'emprise de ces voies dans les surfaces de terrains non bâtis (l'emprise des voies sera comptée deux fois : en terrain non bâtis et en voie structurante). Compter 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.
- Pour les bâtiments agricoles considérés comme zone d'activité, nous retiendrons le nombre de salariés.

**Toutes les hypothèses sont majorantes vis-à-vis du comptage du nombre de victimes potentielles.**

### 2.8.1.4. PROBABILITÉ

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

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

Tableau 12. Grille de cotation en probabilité de l'arrêté du 29 septembre 2005

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

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

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

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

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

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

$P_{\text{ERC}}$  = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

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

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

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

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

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

### 2.8.2. CARACTÉRISATION DES SCÉNARII RETENUS

Toutes les formules employées dans ce chapitre sont issues du guide technique INERIS/SER FEE.

#### 2.8.2.1. EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

##### ❖ 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 **125,5 m** dans le cas des éoliennes du **parc éolien de Quatre Vallées IV**.

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.

##### ❖ 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.

- R est la longueur d'une pale (R=**47,5 m**),
- H est la hauteur du moyeu (H=**78 m**),
- D/2 est la longueur d'un demi diamètre (D/2=**48,5 m**),
- L est la largeur du mât (L= **4 m**),
- LB est la corde maximale de la pale (LB= **3,41 m**).

**Effondrement de l'éolienne**  
**(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)**  
**Soit H+D/2= 125,5 m**

Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
(H) x L + 3*R*LB/2	= π x (H+D/2) <sup>2</sup>		
555 m <sup>2</sup>	49480,9 m <sup>2</sup>	1,122 %	Exposition forte

Tableau 13.Scénario d'effondrement – calcul de l'intensité

L'intensité du phénomène d'effondrement est nulle au-delà de la zone d'effondrement.

❖ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe « Rappel des définitions »), 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 hors 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 :

**Effondrement de l'éolienne**  
**(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)**

Eolienne	Type de terrain dans la zone d'effet	Surface en m <sup>2</sup>	Comptage sur la zone	Route*	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E11	Terrains aménagés mais peu fréquentés	49481	0,495	Chemin d'accès	0,495	Sérieux
E12	Terrains aménagés mais peu fréquentés	49481	0,495	Chemin d'accès	0,495	Sérieux
E13	Terrains aménagés mais peu fréquentés	49481	0,495	Chemin d'accès, chemin rural	0,495	Sérieux
E14	Terrains aménagés mais peu fréquentés	49481	0,495	Chemin d'accès, chemin rural	0,495	Sérieux
E15	Terrains aménagés mais peu fréquentés.	49481	0,495	Chemin d'accès	0,495	Sérieux
E16	Terrains aménagés mais peu fréquentés	49481	0,495	Chemin d'accès	0,495	Sérieux
E17	Terrains aménagés mais peu fréquentés	49481	0,495	Chemin d'accès, chemin rural	0,495	Sérieux
E18	Terrains aménagés mais peu fréquentés	49481	0,495	Chemin d'accès, chemin rural	0,495	Sérieux

Tableau 14.Scénario d'effondrement – cotation de la gravité

\* Les voies non structurantes sont assimilées à des terrains aménagés mais peu fréquentés.

<sup>2</sup> Dans le guide technique la formule initiale est : π x (H+R)<sup>2</sup>, D/2 nous semble plus cohérent que R.

### ❖ Probabilité

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

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience<sup>3</sup>, soit une probabilité de  $4,47 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

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

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 mesures de sécurité sont notamment :

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

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

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

**Il est 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* ».**

<sup>3</sup> Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

### ❖ Acceptabilité

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 10 personnes sont exposées.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur **du parc éolien de Quatre Vallées IV**, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E11	Sérieux	Acceptable
E12	Sérieux	Acceptable
E13	Sérieux	Acceptable
E14	Sérieux	Acceptable
E15	Sérieux	Acceptable
E16	Sérieux	Acceptable
E17	Sérieux	Acceptable
E18	Sérieux	Acceptable

Tableau 15. Scénario d'effondrement – acceptabilité du risque

**Ainsi, pour le parc éolien de Quatre Vallées IV, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

### ❖ Cartographie

Cf § 2.8.3 « Cartographie des risques ».

### 2.8.2.2. CHUTE DE GLACE

#### ❖ 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 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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

#### ❖ 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, la zone d'effet a donc un rayon de **48,5 m**. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

#### ❖ 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.

- $Z_I$  est la zone d'impact,
- $Z_E$  est la zone d'effet,
- $D/2$  est la longueur d'un demi-diamètre ( $D/2 = 48,5$  m),
- $SG$  est la surface du morceau de glace majorant ( $SG = 1$  m<sup>2</sup>).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 48,5$ m)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times (D/2)^2$ <sup>4</sup>		
1,0 m <sup>2</sup>	7389,8 m <sup>2</sup>	0,014%	Exposition modérée

Tableau 16. Scénario chute de glace – calcul de l'intensité

L'intensité est nulle hors de la zone de survol.

<sup>4</sup> Dans le guide technique la formule initiale est :  $\pi \times R^2$ ,  $D/2$  nous semble plus cohérent que  $R$ .

#### ❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe « Rappel des définitions »), 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 :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 48,5$ m)						
Eolienne	Type de terrain dans la zone d'effet	Surface en m <sup>2</sup>	Comptage sur la zone	Route*	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E11	Terrains aménagés mais peu fréquentés	7390	0,074	Chemin d'accès	0,074	Modéré
E12	Terrains aménagés mais peu fréquentés	7390	0,074	Chemin d'accès	0,074	Modéré
E13	Terrains aménagés mais peu fréquentés	7390	0,074	Chemin d'accès	0,074	Modéré
E14	Terrains aménagés mais peu fréquentés	7390	0,074	Chemin d'accès	0,074	Modéré
E15	Terrains aménagés mais peu fréquentés	7390	0,074	Chemin d'accès	0,074	Modéré
E16	Terrains aménagés mais peu fréquentés	7390	0,074	Chemin d'accès	0,074	Modéré
E17	Terrains aménagés mais peu fréquentés	7390	0,074	Chemin d'accès	0,074	Modéré
E18	Terrains aménagés mais peu fréquentés	7390	0,074	Chemin d'accès	0,074	Modéré

Tableau 17. Scénario chute de glace – cotation de la gravité

\* Les voies non structurantes sont assimilées à des terrains aménagés mais peu fréquentés.

#### ❖ Probabilité

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

#### ❖ Acceptabilité

Avec une classe de probabilité de A, le risque de chute de glace pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'une gravité « Modérée » qui correspond pour cet événement à un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1.

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E11	Modéré	Acceptable
E12	Modéré	Acceptable
E13	Modéré	Acceptable
E14	Modéré	Acceptable
E15	Modéré	Acceptable
E16	Modéré	Acceptable
E17	Modéré	Acceptable
E18	Modéré	Acceptable

Tableau 18.Scénario chute de glace – acceptabilité du risque

**Ainsi, pour le parc éolien de Quatre Vallées IV, 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 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 gel.

#### ❖ Cartographie

Cf § 2.8.3 « Cartographie des risques ».

### 2.8.2.3.CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

#### ❖ 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.

#### ❖ 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.

- d est le degré d'exposition,
- $Z_I$  est la zone d'impact,
- $Z_E$  est la zone d'effet,
- R est la longueur de pale ( $R= 47,5$  m),
- LB est la corde maximale de la pale ( $LB= 3,41$  m),
- $D/2$  est la longueur d'un demi-diamètre ( $D/2= 48,5$  m).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 48,5$ m)			
Zone d'impact en $m^2$	Zone d'effet du phénomène étudié en $m^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I= R*LB/2$	$Z_E= \pi \times (D/2)^2$ <sup>5</sup>	$d=Z_I/Z_E$	
81,0 $m^2$	785398,2 $m^2$	1,096%	Exposition forte

Tableau 19.Scénario chute d'éléments de l'éolienne – calcul de l'intensité

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

<sup>5</sup> Dans le guide technique la formule initiale est :  $\pi \times R^2$ ,  $D/2$  nous semble plus cohérent que R.

❖ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe « Rappel des définitions »), 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 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 hors 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 :

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 48,5 m)						
Eolienne	Type de terrain dans la zone d'effet	Surface en m <sup>2</sup>	Comptage sur la zone	Route *	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E11	Terrains aménagés mais peu fréquentés	7390	0,074	Chemin d'accès	0,074	Sérieux
E12	Terrains aménagés mais peu fréquentés	7390	0,074	Chemin d'accès	0,074	Sérieux
E13	Terrains aménagés mais peu fréquentés	7390	0,074	Chemin d'accès	0,074	Sérieux
E14	Terrains aménagés mais peu fréquentés	7390	0,074	Chemin d'accès	0,074	Sérieux
E15	Terrains aménagés mais peu fréquentés	7390	0,074	Chemin d'accès	0,074	Sérieux
E16	Terrains aménagés mais peu fréquentés	7390	0,074	Chemin d'accès	0,074	Sérieux
E17	Terrains aménagés mais peu fréquentés	7390	0,074	Chemin d'accès	0,074	Sérieux
E18	Terrains aménagés mais peu fréquentés	7390	0,074	Chemin d'accès	0,074	Sérieux

Tableau 20. Scénario chute d'éléments de l'éolienne – cotation de la gravité

\* Les voies non structurantes sont assimilées à des terrains aménagés mais peu fréquentés.

❖ **Probabilité**

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47 x 10<sup>-4</sup> 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 » : « *Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ».

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

❖ **Acceptabilité**

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 10 dans la zone d'effet.

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E11	Sérieux	Acceptable
E12	Sérieux	Acceptable
E13	Sérieux	Acceptable
E14	Sérieux	Acceptable
E15	Sérieux	Acceptable
E16	Sérieux	Acceptable
E17	Sérieux	Acceptable
E18	Sérieux	Acceptable

Tableau 21. Scénario chute d'éléments de l'éolienne – acceptabilité du risque

**Ainsi, pour le parc éolien de Quatre Vallées IV, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

❖ **Cartographie**

Cf § 2.8.3 « Cartographie des risques ».



## 2.8.2.4. PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

### ❖ Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail INERIS/SER FEE précédemment mentionné pour une projection de fragment de pale est de 380 mètres par rapport au mât de l'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures.

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne [3].

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

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

### ❖ 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).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne.

- d est le degré d'exposition,
- $Z_I$  est la zone d'impact,
- $Z_E$  est la zone d'effet,
- R est la longueur de pale (R= **47,5** m),
- LB est la corde maximale de la pale (LB= **3,41** m).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en $m^2$	Zone d'effet du phénomène étudié en $m^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \cdot LB / 2$	$Z_E = \pi \times (500)^2$	$d = Z_I / Z_E$	
81	785 398,2	0,010%	Exposition modérée

Tableau 22. Scénario projection de pales ou de fragments de pales – calcul de l'intensité

### ❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe « Rappel des définitions », 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 chute d'éléments de l'éolienne et la gravité associée :

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)						
Eolienne	Type de terrain dans la zone d'effet	Surface en m <sup>2</sup>	Comptage sur la zone	Route *	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E11	Terrains aménagés mais peu fréquentés,	785398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux
E12	Terrains aménagés mais peu fréquentés	785398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux
E13	Terrains aménagés mais peu fréquentés	785398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux
E14	Terrains aménagés mais peu fréquentés	785398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux
E15	Terrains aménagés mais peu fréquentés, présence d'un bois	785398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux
E16	Terrains aménagés mais peu fréquentés	785398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux
E17	Terrains aménagés mais peu fréquentés, présence d'un bois	785398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux
E18	Terrains aménagés mais peu fréquentés, présence d'un bois	785398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux

Tableau 23.Scénario chute d'éléments de l'éolienne – cotation de la gravité

\* Les voies non structurantes sont assimilées à des terrains aménagés mais peu fréquentés.

La distance inter-éolienne est inférieure à 500m, chaque aérogénérateur est inclus dans le périmètre de risque de l'aérogénérateur voisin. Un effet domino de dégâts provoqués sur un aérogénérateur voisin n'est pas exclu.

Cependant, cela n'entraîne pas de risque accru pour les populations.

Notons la présence d'une éolienne du parc voisin Quatre Vallées II dans le périmètre de risque de E11 et E15.

❖ Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assesment for a wind farm project [4]	1 x 10 <sup>-6</sup>	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	1, 1 x 10 <sup>-3</sup>	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances [6]	6,1 x 10 <sup>-4</sup>	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit 7,66 x 10<sup>-4</sup> 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 » : « *Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ».

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 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 ».**

❖ **Acceptabilité**

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

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E11	Importante	Acceptable
E12	Sérieux	Acceptable
E13	Sérieux	Acceptable
E14	Sérieux	Acceptable
E15	Sérieux	Acceptable
E16	Sérieux	Acceptable
E17	Sérieux	Acceptable
E18	Sérieux	Acceptable

Tableau 24. Scénario projection de pales ou de fragments de pales – acceptabilité du risque

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

❖ **Cartographie**

Cf § 2.8.3 « Cartographie des risques ».

### 2.8.2.5. PROJECTION DE GLACE

❖ **Zone d'effet**

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

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 :

$$\text{Distance d'effet} = 1,5 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{diamètre de rotor})$$

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures [17]. A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

❖ **Intensité**

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace.

- d est le degré d'exposition,
- Z<sub>i</sub> est la zone d'impact,
- Z<sub>e</sub> est la zone d'effet,
- D est la longueur du diamètre du rotor (D=97 m),
- H est la hauteur au moyeu (H=78 m),
- SG est la surface majorante d'un morceau de glace (1 m<sup>2</sup>).

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+D)$ autour de l'éolienne soit 262,5 m)			
Zone d'impact en $m^2$	Zone d'effet du phénomène étudié en $m^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = SG$	$ZE = \pi \times 1,5^2 \times (H+D)^2$ <sup>6</sup>	$d = Z_i / Z_E$	
1,0 $m^2$	216475,4 $m^2$	0,00046%	Exposition modérée

Tableau 25. Scénario projection de glace – calcul de l'intensité

❖ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe « Rappel des définitions », 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.**

C'est pourquoi, la zone agricole sera considérée comme des terrains non aménagés et très peu fréquentés.

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 :

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+D) = 262,5$ m)					
Eolienne	Type de terrain dans la zone d'effet	Surface zone en $m^2$	Comptage surface	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E11	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	216475	0,216	0,216	Modéré
E12	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	216475	0,216	0,216	Modéré
E13	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	216475	0,216	0,216	Modéré
E14	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	216475	0,216	0,216	Modéré
E15	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	216475	0,216	0,216	Modéré
E16	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	216475	0,216	0,216	Modéré
E17	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	216475	0,216	0,216	Modéré
E18	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	216475	0,216	0,216	Modéré

Tableau 26. Scénario projection de glace – cotation de la gravité

❖ **Probabilité**

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

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

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

<sup>6</sup> Dans le guide technique la formule initiale est :  $ZE = \pi \times 1,5^2 \times (H+2R)^2$ , or  $H+2R$  ne correspond pas  $H+D$  préconisée dans l'étude [15], car  $R$  ne tient pas compte de la taille du moyeu.

#### ❖ Acceptabilité

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

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+D)$ autour de l'éolienne)			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage *	Niveau de risque
E11	Modéré	oui	Acceptable
E12	Modéré	oui	Acceptable
E13	Modéré	oui	Acceptable
E14	Modéré	oui	Acceptable
E15	Modéré	oui	Acceptable
E16	Modéré	oui	Acceptable
E17	Modéré	oui	Acceptable
E18	Modéré	oui	Acceptable

Tableau 27. Scénario projection de glace – acceptabilité du risque

\* Pour rappel, chaque aérogénérateur est équipé d'un système permettant de déduire la formation de glace sur les pales, voir §2.7.6 fonctions 1 et 2.

**Ainsi, pour le parc éolien de Quatre Vallées IV, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.**

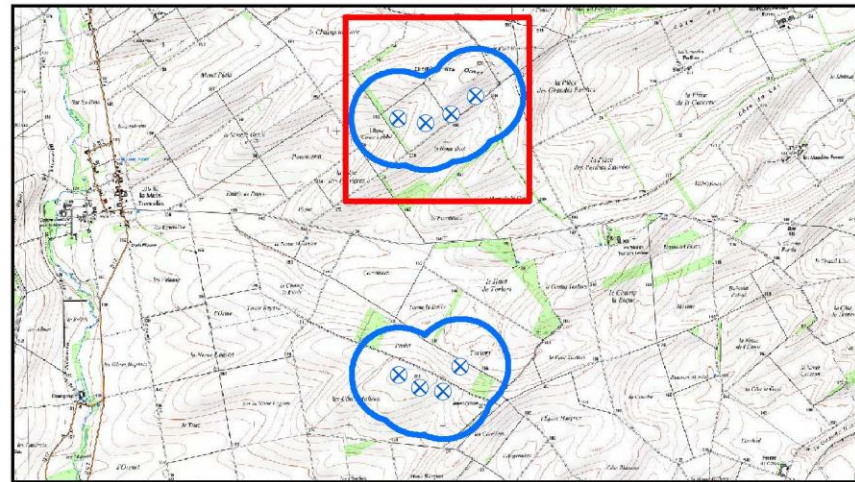
#### ❖ Cartographie






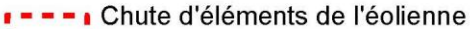
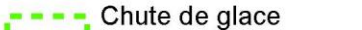
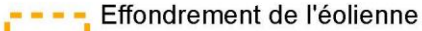
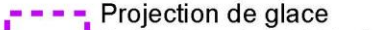
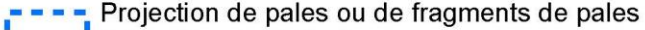
Cf § 2.8.3 « Cartographie des risques ».

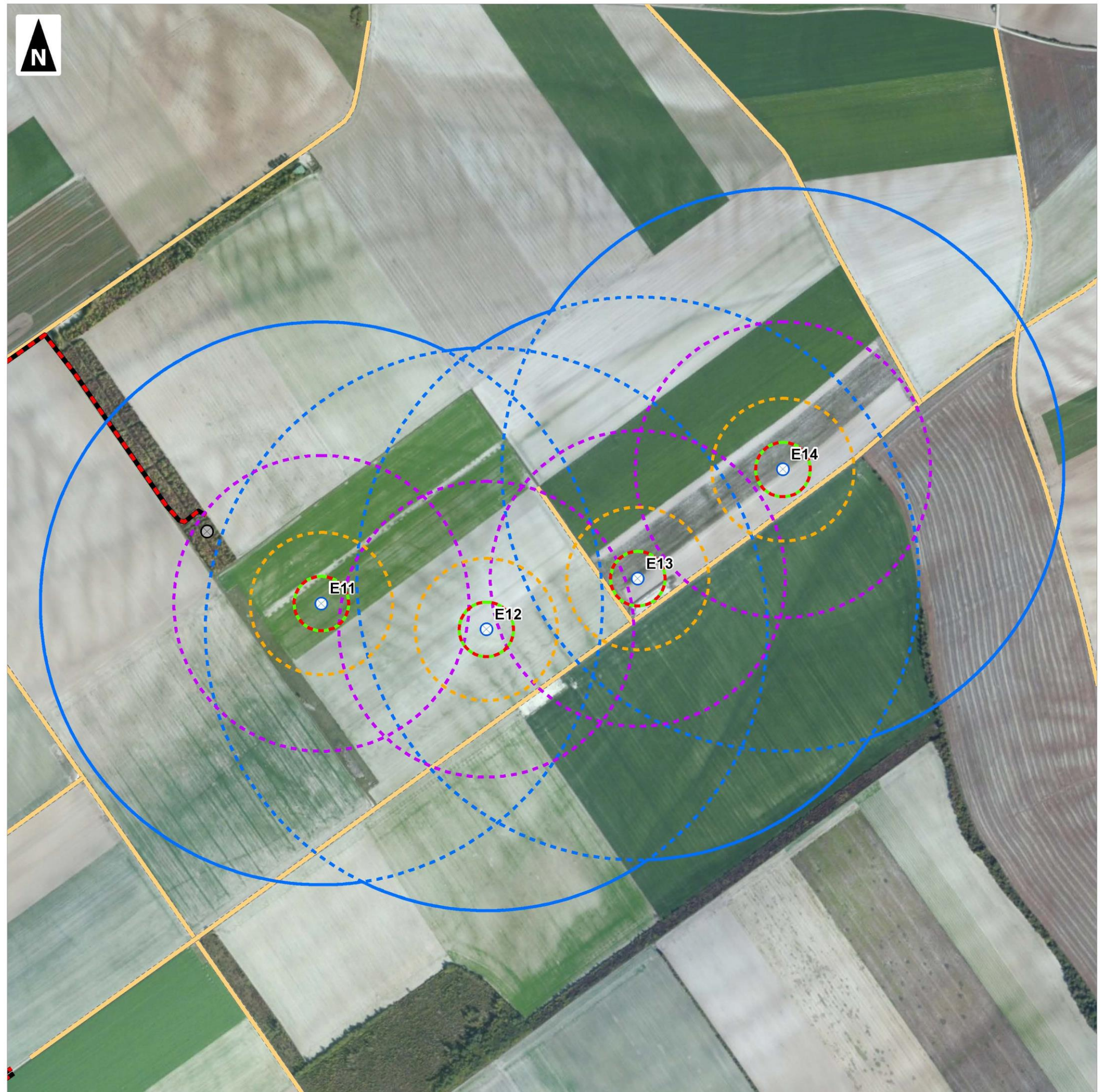
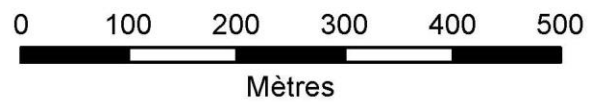
### 2.8.3. CARTOGRAPHIE DES RISQUES

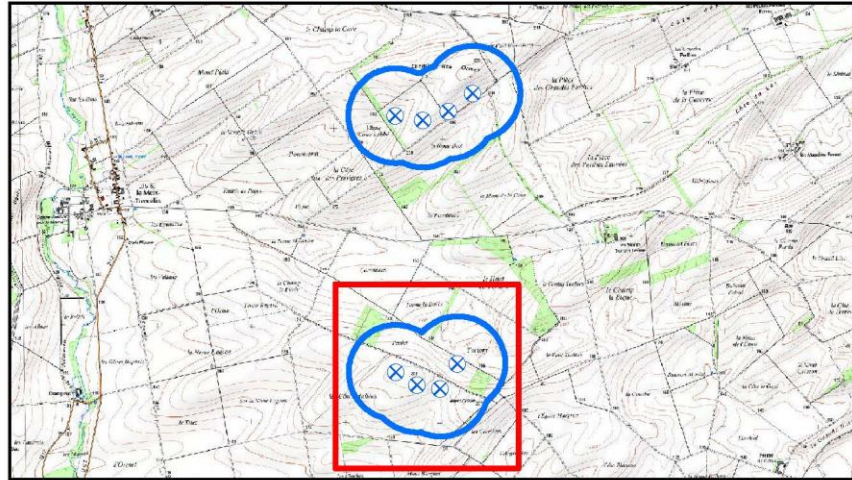
La cartographie des risques réalisée, indique les périmètres de risques ainsi que les enjeux vulnérables identifiés :











 Carte des risques, zone 1 et 2 pages suivantes

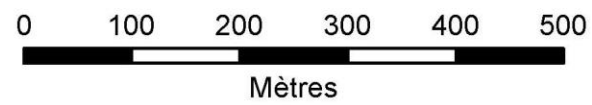


-  Eolienne
  -  Aire d'étude (périmètre de 500 m)
  -  Eolienne existante (Parc éolien de 4 vallées 2)
  -  Réseau électrique souterrain
  -  Chemin
- Périmètres de zones d'effet des scénarii :**
-  Chute d'éléments de l'éolienne (périmètre de 48,5 m)
  -  Chute de glace (périmètre de 48,5 m)
  -  Effondrement de l'éolienne (périmètre de 126,5 m)
  -  Projection de glace (périmètre de 262,5 m)
  -  Projection de pales ou de fragments de pales (périmètre de 500 m)





-  Eolienne
  -  Aire d'étude (périmètre de 500 m)
  -  Eolienne existante (Parc éolien de 4 vallées 2)
  -  Réseau électrique souterrain
  -  Chemin
- Périmètres de zones d'effet des scénarii :**
-  Chute d'éléments de l'éolienne (périmètre de 48,5 m)
  -  Chute de glace (périmètre de 48,5 m)
  -  Effondrement de l'éolienne (périmètre de 126,5 m)
  -  Projection de glace (périmètre de 262,5 m)
  -  Projection de pales ou de fragments de pales (périmètre de 500 m)



## 2.8.4. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

### 2.8.4.1. TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIIS 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.

Scénario	Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
S1	Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale Soit <b>125,5</b> m	Rapide	exposition forte	D (car éoliennes récentes) <sup>7</sup>	Sérieux pour toutes les éoliennes
S2	Chute de glace	Zone de survol Soit <b>48,5</b> m	Rapide	exposition modérée	A	Modéré pour toutes les éoliennes
S3	Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol Soit <b>48,5</b> m	Rapide	exposition forte	C	Sérieux pour toutes les éoliennes
S4	Projection	<b>500</b> m autour de l'éolienne	Rapide	exposition modérée	D (car éoliennes récentes) <sup>8</sup>	Sérieux pour les autres éoliennes
S5	Projection de glace	1,5 x (H + D) autour de l'éolienne Soit <b>262,5</b> m	Rapide	exposition modérée	B	Modéré pour toutes les éoliennes

Tableau 28. Synthèse de la cotation des risques – étude détaillée

Les scénariis ci-dessus sont repris dans la matrice d'acceptabilité (voir chapitre suivant).

<sup>7</sup> Voir paragraphe 2.8.2.1

<sup>8</sup> Voir paragraphe 2.8.2.4



### 2.8.4.2. 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.

Pour conclure à l'acceptabilité, la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 et reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus, sera utilisée.

Les scénarii étudiés dans ce chapitre précédant (§2.8.2) sont synthétisés dans la matrice de la circulaire :

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		<b>S1, S4</b>	<b>S3</b>		
Modéré				<b>S5</b>	<b>S2</b>

Tableau 29. Cotation des risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010

Légende de la matrice :

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		acceptable
Risque faible		acceptable
Risque important		non acceptable

**Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :**

- **aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;**
- **certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans le chapitre 2.7.6 seront mises en place.**

### 2.9. CONCLUSION

Après description de l'installation et de son environnement, il ressort que les potentiels de dangers d'un parc éolien sont relatifs :

- à des causes externes :
  - Présence d'ouvrages (voies de communications, réseaux) ;
  - Risques naturels (vents violents, foudre, mouvements de terrains, tremblements de terres, inondations) ;
- à des causes internes liées au fonctionnement des machines et aux produits utilisés :
  - Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, pale, etc.) ;
  - Projection d'éléments (morceaux de pale, brides de fixation, etc.) ;
  - Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
  - Echauffement de pièces mécaniques ;
  - Courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Une analyse préliminaire des risques a été réalisée, basée d'une part sur l'accidentologie permettant d'identifier les accidents les plus courants et basée d'autre part sur une identification des scénarii d'accidents.

Pour chaque scénario d'accident, l'étude a procédé à une analyse systématique des mesures de maîtrise des risques.

Cinq catégories de scénarii sont ressorties de l'analyse préliminaire et font l'objet d'une étude détaillée des risques :

- Projection de tout ou partie de pale ;
- Effondrement de l'éolienne ;
- Chute d'éléments de l'éolienne ;
- Chute de glace ;
- Projection de glace.

Ces scénarii regroupent plusieurs causes et séquences d'accident. Une cotation en intensité, probabilité, gravité et cinétique de ces événements permet de caractériser les risques pour toutes les séquences d'accidents.

Une recherche d'enjeux humains vulnérables a été réalisée dans chaque périmètre d'effet des cinq catégories d'accident, permettant de repérer les interactions possibles entre les risques et les enjeux.

La cotation en gravité et probabilité pour chacune des éoliennes permet de classer le risque de chaque scénario selon la grille de criticité employée et inspirée de la circulaire du 10 mai 2010.

**Après analyse détaillée des risques, selon la méthodologie de la circulaire du 10 mai 2010, il apparaît qu'aucun scénario étudié ne ressort comme inacceptable.**

L'exploitant a mis en œuvre des mesures adaptées pour maîtriser les risques :

- l'implantation permet d'assurer un éloignement suffisant des zones fréquentées,
- l'exploitant respecte les prescriptions générales de l'arrêté du 26 août 2011,
- les systèmes de sécurité des aérogénérateurs sont adaptés aux risques.

Les systèmes de sécurité des aérogénérateurs seront maintenus dans le temps et testés régulièrement en conformité avec la section 4 de l'arrêté du 26 août 2011.

**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 actuelles.**

## Chapitre 3. BIBLIOGRAPHIE

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011 ;
- [2] NF EN 61400-1 Eoliennes – 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 ingenieursgesellschaft, 2004;
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006;
- [8] Oméga 10: Evaluation 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., Leteurtois 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.



## Chapitre 4. ANNEXES



**ANNEXE 1 : ANNEXE AU GUIDE TECHNIQUE INERIS**



