

# PROJET DE PARC EOLIEN DE QUATRE VALLEES VII



Dossier de demande d'autorisation environnementale

Etude de dangers



# Projet de parc éolien de Quatre Vallées VII



## Dossier de demande d'autorisation environnementale Etude de dangers

Version 4

Société d'Exploitation du Parc Eolien de Pringy - SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY

Version	Date	Description
Version 4	27 février 2019	Etude de dangers – Projet éolien des Quatre Vallées VII

	Nom - Fonction	Date	Signature
Rédaction	Aurélié COFFRAND - Ingénieur environnement	27/02/2019	



[www.auddice.com](http://www.auddice.com)

**Agence nord**  
(siège social)  
ZAC du Chevalement  
5 rue des Molettes  
59286 Roost-Warendin  
03 27 97 36 39

**Agence Est**  
Espace Sainte-Croix  
6 place Sainte-Croix  
51000 Châlons-en-Champagne  
03 26 64 05 01

**Agence Ouest**  
PA Le Long Buisson  
380 rue Clément Ader  
27930 Le Vieil-Evreux  
02 32 32 53 28

**Agence Val de Loire**  
Pépinière d'Entreprises du Saumurois  
Rue de la Chesnaie-Distré  
49400 Saumur  
02 41 51 98 39

**Agence Sud**  
Rue de la Claustre  
84390 Sault  
04 90 64 04 65

## TABLE DES MATIERES

<b>CHAPITRE 1. RESUME NON TECHNIQUE.....</b>	<b>7</b>	2.3.4	Cartographie de synthèse .....	37	
1.1	Introduction .....	8	2.4	Description de l'installation.....	46
1.2	Présentation de l'installation.....	8	2.4.1	Caractéristiques de l'installation.....	46
1.3	Caractéristiques de l'installation .....	11	2.4.2	Fonctionnement de l'installation .....	51
1.3.1	Caractéristiques générales d'un parc éolien .....	11	2.4.3	Fonctionnement des réseaux de l'installation .....	61
1.3.2	Éléments constitutifs d'un aérogénérateur.....	11	2.5	Identification des potentiels de dangers de l'installation .....	62
1.3.3	Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur .....	12	2.5.1	Potentiels de dangers liés aux produits .....	62
1.3.4	Emprise au sol.....	13	2.5.2	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation.....	64
1.3.5	Chemins d'accès .....	14	2.5.3	Réduction des potentiels de dangers à la source.....	65
1.3.6	Autres installations .....	14	2.6	Analyse des retours d'expérience .....	66
1.4	Fonctionnement de l'installation.....	14	2.6.1	Inventaire des accidents et incidents en France .....	66
1.5	Identification des dangers et analyse des risques associés.....	15	2.6.2	Inventaire des accidents et incidents à l'international .....	68
1.5.1	Les sources de dangers.....	15	2.6.3	Inventaire des accidents majeurs sur les sites de l'exploitant.....	70
1.5.2	Les enjeux à protéger .....	17	2.6.4	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience.....	71
1.5.3	Analyse des risques .....	17	2.7	Analyse préliminaire des risques.....	72
1.5.4	Etude détaillée des risques.....	22	2.7.1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques .....	72
1.6	Conclusion.....	26	2.7.2	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques .....	72
<b>CHAPITRE 2. ETUDES DE DANGERS .....</b>	<b>27</b>	2.7.3	Recensement des agressions externes potentielles .....	73	
2.1	Préambule.....	28	2.7.4	Scénarii étudiés dans l'analyse préliminaire des risques .....	74
2.1.1	Objectif de l'étude de dangers .....	28	2.7.5	Effets dominos.....	79
2.1.2	Contexte législatif et réglementaire .....	28	2.7.6	Mise en place des mesures de sécurité.....	80
2.1.3	Nomenclature des installations classées.....	30	2.7.7	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques.....	88
2.1.4	Document de référence, guide technique INERIS/SER FEE .....	30	2.8	Etude détaillée des risques.....	89
2.2	Informations générales concernant l'installation.....	31	2.8.1	Rappel des définitions .....	89
2.2.1	Renseignements administratifs .....	31	2.8.2	Sélection de l'éolienne la plus impactante.....	95
2.2.2	Localisation du site .....	31	2.8.3	Caractérisation des scénarii retenus .....	97
2.2.3	Définition de l'aire d'étude.....	31	2.8.4	Cartographie des risques.....	111
2.3	Description de l'environnement de l'installation .....	33	2.8.5	Synthèse de l'étude détaillée des risques .....	120
2.3.1	Environnement humain.....	33	2.9	Conclusion .....	122
2.3.2	Environnement naturel .....	34	<b>CHAPITRE 3. BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>125</b>	
2.3.3	Environnement matériel.....	36	<b>CHAPITRE 4. ANNEXES .....</b>	<b>127</b>	

Annexe 1 – Courrier ENEDIS, distance de recul à observer envers une ligne HTA .....	129
Annexe 2 – Annexe au guide technique INERIS et compléments à l'accidentologie .....	130

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b> Caractéristiques techniques des éoliennes.....	9
<b>Tableau 2.</b> Correspondance entre l'intensité et le degré d'exposition .....	18
<b>Tableau 3.</b> Détermination des seuils de gravité en fonction du nombre équivalents de personnes présentes dans chacune des zones. ....	19
<b>Tableau 4.</b> Classes de probabilité utilisées dans les études de dangers issues de l'Annexe I de l'arrêté du 29 septembre 2005 .....	19
<b>Tableau 5.</b> Rubrique des installations classées au titre des ICPE .....	30
<b>Tableau 6.</b> Caractéristiques techniques des éoliennes.....	48
<b>Tableau 7.</b> Extrait du Plan de Sécurité et de Santé pour les «Activités générales».....	59
<b>Tableau 8.</b> Dangers potentiels d'une éolienne .....	64
<b>Tableau 9.</b> Agressions externes liées aux activités humaines .....	73
<b>Tableau 10.</b> Analyse générique des risques.....	78
<b>Tableau 11.</b> Scénarii exclus de l'étude détaillée.....	88
<b>Tableau 12.</b> Grille de cotation en intensité issue du guide technique .....	91
<b>Tableau 13.</b> Grille de cotation en gravité de l'arrêté du 29 septembre 2005 .....	91
<b>Tableau 14.</b> Grille de cotation en probabilité de l'arrêté du 29 septembre 2005 .....	93
<b>Tableau 15.</b> Cotation des risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010.....	94
<b>Tableau 16.</b> Zone d'effet calculée par phénomène et par modèle d'éolienne ....	95
<b>Tableau 17.</b> Degré d'exposition calculé par phénomène et par modèle d'éolienne .....	95

<b>Tableau 18.</b> Grille de cotation en intensité issue du guide technique .....	95
<b>Tableau 19.</b> Intensité des phénomènes selon le modèle d'éolienne .....	96
<b>Tableau 20.</b> Scénario d'effondrement – calcul de l'intensité.....	97
<b>Tableau 21.</b> Scénario d'effondrement – cotation de la gravité.....	98
<b>Tableau 22.</b> Scénario d'effondrement – acceptabilité du risque .....	100
<b>Tableau 23.</b> Scénario chute de glace – calcul de l'intensité .....	101
<b>Tableau 24.</b> Scénario chute de glace – cotation de la gravité .....	102
<b>Tableau 25.</b> Scénario chute de glace – acceptabilité du risque.....	102
<b>Tableau 26.</b> Scénario chute d'éléments de l'éolienne – calcul de l'intensité ....	103
<b>Tableau 27.</b> Scénario chute d'éléments de l'éolienne – cotation de la gravité .	104
<b>Tableau 28.</b> Scénario chute d'éléments de l'éolienne – acceptabilité du risque .....	105
<b>Tableau 29.</b> Scénario projection de pales ou de fragments de pales – calcul de l'intensité .....	106
<b>Tableau 30.</b> Scénario chute d'éléments de l'éolienne – cotation de la gravité .	106
<b>Tableau 31.</b> Scénario projection de pales ou de fragments de pales – acceptabilité du risque.....	108
<b>Tableau 32.</b> Scénario projection de glace – calcul de l'intensité.....	109
<b>Tableau 33.</b> Scénario projection de glace – cotation de la gravité.....	110
<b>Tableau 34.</b> Scénario projection de glace – acceptabilité du risque .....	111
<b>Tableau 35.</b> Synthèse de la cotation des risques – étude détaillée .....	120
<b>Tableau 36.</b> Cotation des risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010 .....	121

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Schéma simplifié d'un aérogénérateur.....	12
<b>Figure 2.</b> Raccordement électrique des installations .....	13



<b>Figure 3.</b>	Illustration des emprises au sol d'une éolienne .....	13
<b>Figure 4.</b>	Schéma simplifié d'un aérogénérateur .....	46
<b>Figure 5.</b>	Illustration des emprises au sol d'une éolienne .....	47
<b>Figure 6.</b>	Photographie d'une simulation SDISdes Deux Sèvres .....	56
<b>Figure 7.</b>	Schéma électrique d'un parc éolien (Source: ADEME) .....	61



# CHAPITRE 1. RESUME NON TECHNIQUE

## 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 VII** est réalisé dans la continuité du parc éolien de **Quatre Vallées V** en cours d'instruction sur la commune de Pringy. Il ne constitue pas une extension du parc éolien de **Quatre Vallées V** (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 7 aérogénérateurs et 3 postes de livraison, localisés sur la commune de Pringy (51).**

Cette commune est située dans le Sud du département de la Marne, à la limite du département de l'Aube (10), à environ 15 km à l'Ouest de Vitry-le-François, à environ 20 km au Sud de Châlons-en-Champagne et à environ 50 km de Troyes.

La localisation du site est visible sur la carte en page suivante.

*Carte 1- Carte de situation – p.10*

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

- Songy
- Pringy
- Maisons-en-Champagne

Dans le cadre de ce projet, six modèles d'aérogénérateurs GAMESA SIEMENS de même gabarit sont envisagés par le porteur du projet, celui-ci se laissant le choix définitif ultérieur :

- G114 T93 (2,5 MW) (aussi dénommées G114 HH93)
- G114 T93 (2,625 MW) (aussi dénommées G114 HH93 version Maxpower)
- G126 T84 (2,5 MW) (aussi dénommées G126 HH84)
- G126 T84 (2,625 MW) (aussi dénommées G126 HH84 version Maxpower)
- G132 T84 (3,3 MW) (aussi dénommées G132 HH84)
- G132 T84 (3,465 MW) (aussi dénommées G132 HH84 version Maxpower)

<b>GAMESA G132 T84</b>	
<b>Puissance nominale</b>	3,3 – 3,465 MW
<b>Hauteur du moyeu</b>	84 m
<b>Hauteur en bout de pale</b>	148,5 m
<b>Largeur à la base du mât</b>	4,5 m
<b>Longueur de pale</b>	64,5 m
<b>Largeur maximale de pale</b>	4,5 m
<b>Diamètre du rotor</b>	132 m

	<b>G114 T93</b>	<b>G126 T84</b>	<b>G132 T84</b>
<b>Puissance nominale</b>	2,5 – 2,625 MW	2,5 – 2,625 MW	3,3 – 3,465 MW
<b>Hauteur du moyeu</b>	93 m	84 m	84 m
<b>Hauteur au sens de la réglementation ICPE hauteur mat + nacelle</b>	95 m	86 m	86 m
<b>Diamètre de rotor</b>	114 m	126 m	132 m
<b>Pales</b>	56 m	62 m	64,5 m
<b>Hauteur totale en bout de pale</b>	149 m	146 m	148,5 m

Tableau 1. Caractéristiques techniques des éoliennes

**Le type d'aérogénérateur n'est pas encore retenu et sera sélectionné après délivrance des autorisations administratives nécessaires. L'étude de danger est alors réalisée de manière à se placer dans les conditions les plus impactantes.**

**Afin de se placer dans des conditions majorantes, les calculs présentés dans l'analyse détaillée des risques sont par conséquent effectués avec les dimensions de la GAMESA G132 T84, sélectionnée car elle constitue le modèle le plus impactant.**

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

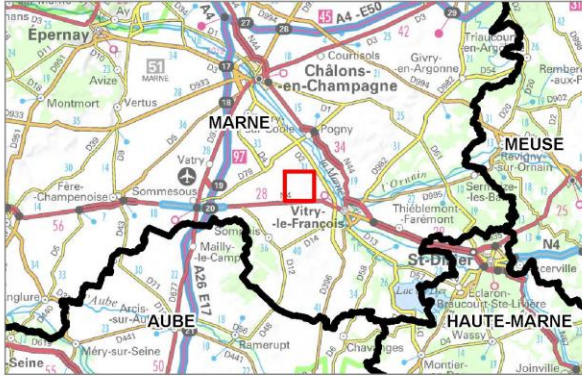
<b>Nom de l'installation</b>	<b>Commune d'implantation</b>	<b>Lambert 2 étendu (m)</b>	
		<b>X</b>	<b>Y</b>
<b>E30</b>	Pringy	755915	2421275
<b>E31</b>		756002	2420770
<b>E32</b>		756120	2420274
<b>E33</b>		756201	2419751
<b>E34</b>		756427	2421693
<b>E35</b>		756624	2421307
<b>E36</b>		757004	2422133
<b>PDL 1</b>	Pringy	Lieu-dit le Puisat	
<b>PDL 2</b>	Pringy	Lieu-dit le Puisat	
<b>PDL 3</b>	Pringy	Lieu-dit le Puisat	








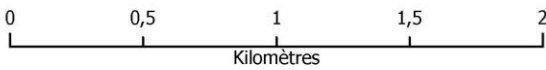
Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

Carte de situation

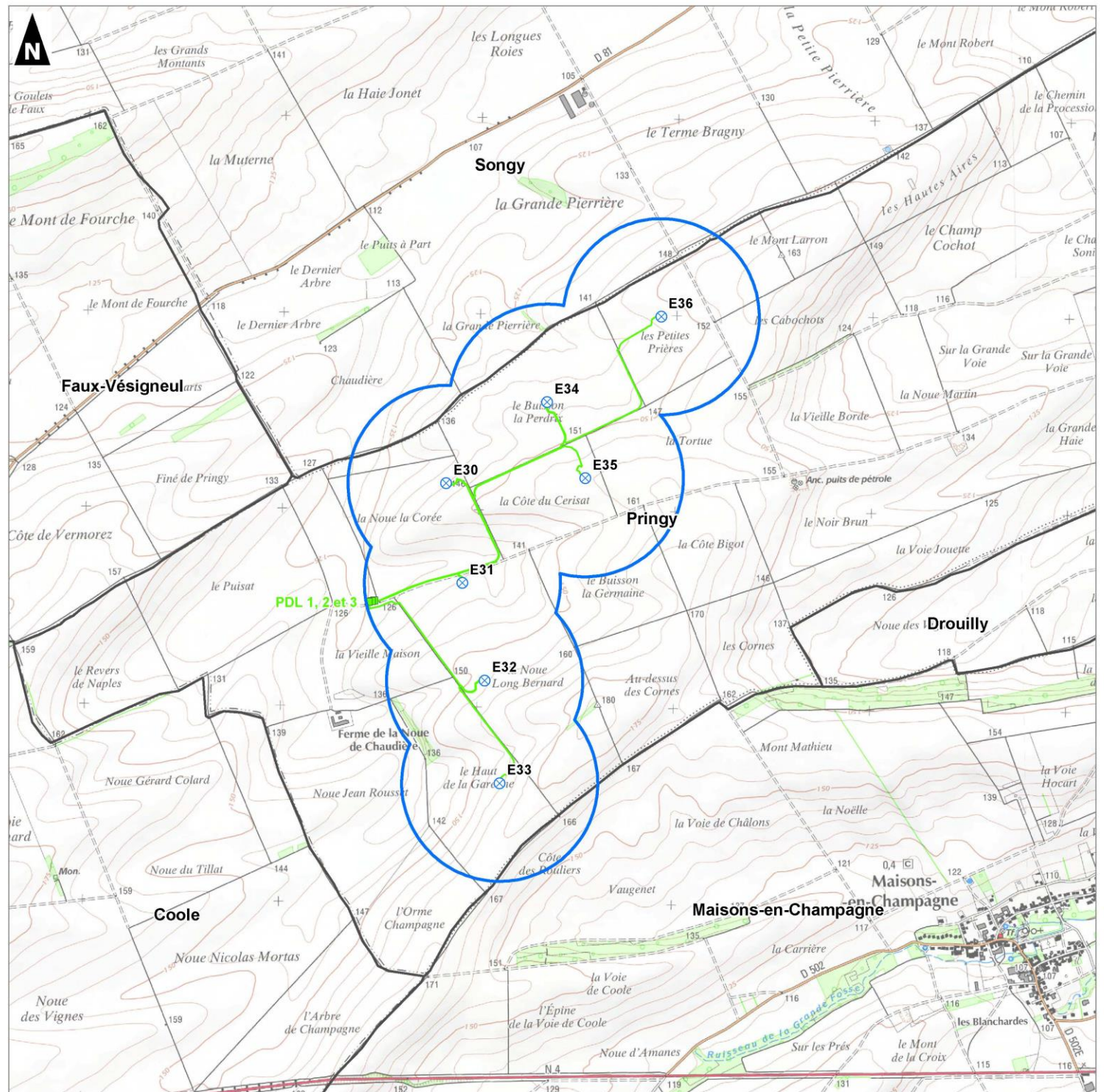


-  Eolienne en projet
-  Poste de livraison
-  Raccordement électrique inter-éoliennes
-  Aire d'étude (500 m)
-  Limite communale



**1:20 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)



## 1.3 Caractéristiques de l'installation

### 1.3.1 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 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 Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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.



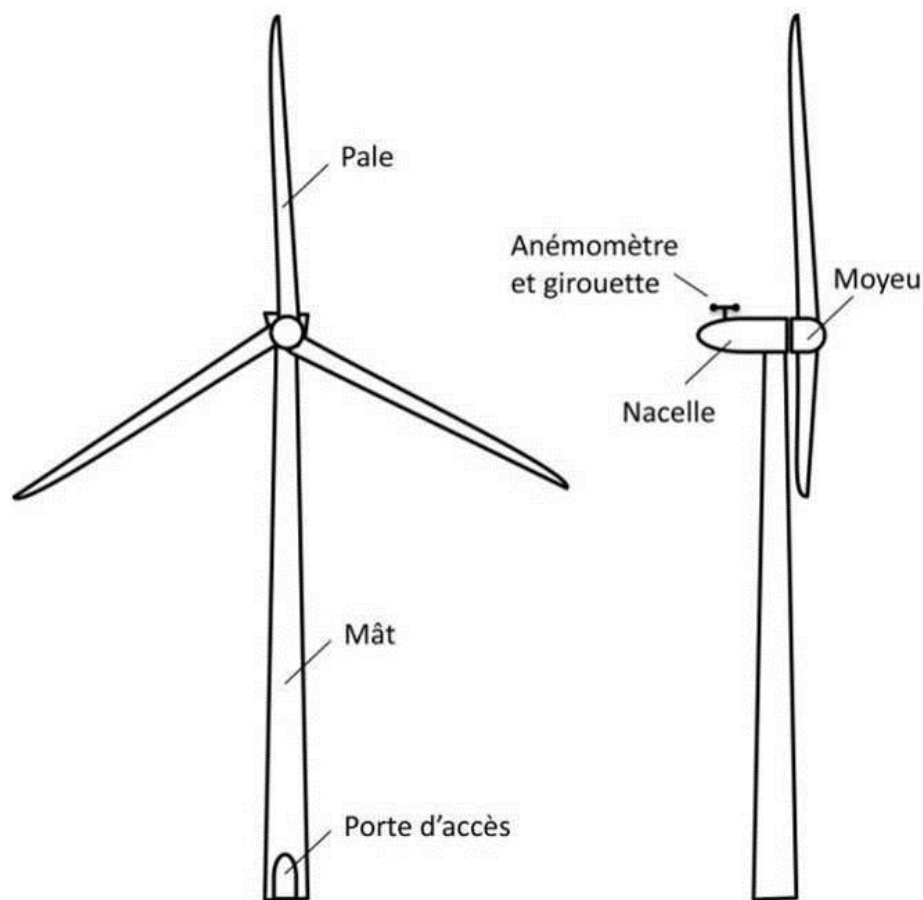


Figure 1. Schéma simplifié d'un aérogénérateur

### 1.3.3 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

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.

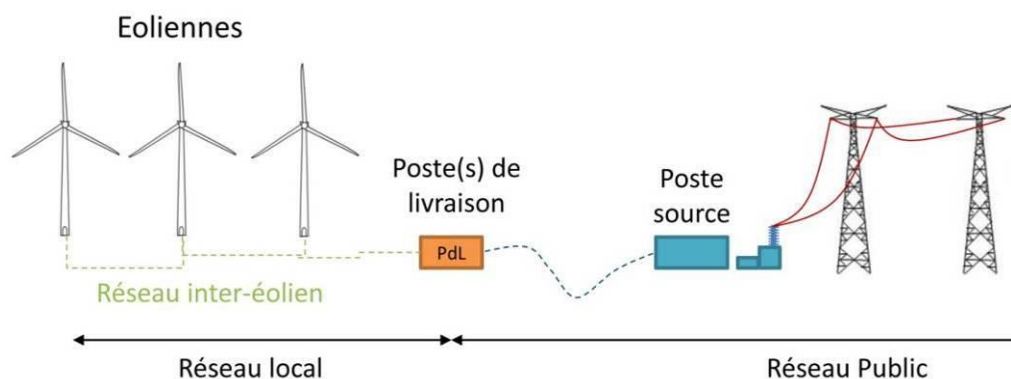


Figure 2. Raccordement électrique des installations

### 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.

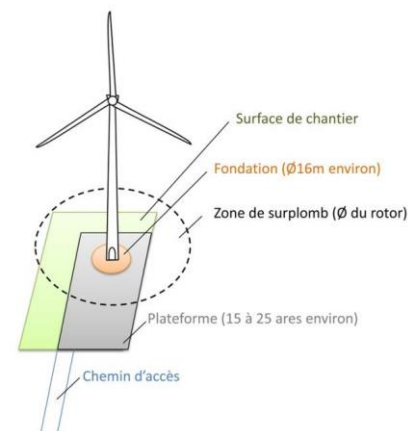


Figure 3. Illustration des emprises au sol d'une éolienne

(Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150m de hauteur totale)

### 1.3.5 Chemins d'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 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

Elément de l'installation	Fonction
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol
Mât	Supporter la nacelle et le rotor
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public
Système de freinage	Oblige l'éolienne à ne plus fonctionner et oriente les pâles 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 système	ou de	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
<b>Système transmission</b>		Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique
<b>Pale</b>		Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Energie cinétique d'éléments de pales
<b>Aérogénérateur</b>		Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Energie cinétique de chute
<b>Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur</b>		Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique
<b>Nacelle</b>		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
<b>Rotor</b>		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, 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 les postes de livraison.

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

Infrastructure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât de l'éolienne la plus proche
<b>Voies de circulation</b>	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
<b>Aérodrome</b>	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Infrastructure au-delà du périmètre de 2000 m
<b>Ligne THT</b>	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Infrastructure au-delà du périmètre de 500 m
<b>Canalisation de transport de gaz</b>	Transport de gaz	Rupture de la canalisation	Explosion	200 m	E31 et E32 se trouvent à environ 200 m de cet ouvrage.
<b>Autres aérogénérateurs</b>	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Présence du parc éolien de Quatre Vallées V et de l'Orme Champagne située à 385m de E33, à 390m de E35 et à 410 et 440 m de E36.

## 1.5.2 Les enjeux à protéger

Les enjeux dans le périmètre de 500m autour des aérogénérateurs concernent des routes de circulation et les réseaux de transport d'énergie : chemins ruraux, une canalisation de transport de gaz.

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

N.B. : une ligne électrique d'Enedis dite HTA ou moyenne tension alimente des hangars agricoles (lieu-dit Ferme de la Noue de Chaudières). Cette installation est une zone de stockage de matériel, ce n'est pas une zone d'habitation ou d'élevage. Il ne s'agit en aucun cas d'une ligne Haute Tension gérée par RTE.

*Annexe1 – Courrier Enedis, distance de recul à observer envers une ligne HTA*

## 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 %

**Tableau 2.** 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.

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

**Tableau 3.** 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> Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
D	<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.	$\leq 10^{-5}$

**Tableau 4.** 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) ;
- $P_{\text{rotation}}$  = 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.

### 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 maîtrise 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>	<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>B</b>	<i>Probable</i> S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
<b>C</b>	<i>Improbable</i> 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>	<i>Rare</i> S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
<b>E</b>	<i>Extrêmement rare</i> 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	Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
<b>S1</b>	Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale Soit <b>150 m</b>	Rapide	exposition forte	D (car éoliennes récentes) <sup>1</sup>	Sérieux pour toutes les éoliennes
<b>S2</b>	Chute de glace	Zone de survol Soit <b>66 m</b>	Rapide	exposition modérée	A	Modéré pour toutes les éoliennes
<b>S3</b>	Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol Soit <b>66 m</b>	Rapide	exposition forte	C	Sérieux pour toutes les éoliennes
<b>S4</b>	Projection	<b>500 m</b> autour de l'éolienne	Rapide	exposition modérée	D (car éoliennes récentes) <sup>2</sup>	Sérieux pour toutes les éoliennes
<b>S5</b>	Projection de glace	1,5 x (H + D) autour de l'éolienne Soit <b>324 m</b>	Rapide	exposition modérée	B	Modéré pour toutes les éoliennes

- H est la hauteur du moyeu (H=84 m),
- D est le diamètre du rotor (D/2=66 m),

<sup>1</sup> Voir paragraphe 2.8.3.1

<sup>2</sup> Voir paragraphe 2.8.3.4

**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.

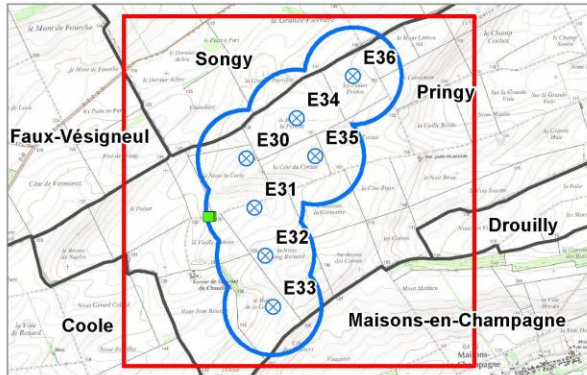
*Carte 2- Cartes des risques– p.25*



Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

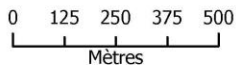
Carte des risques



- Éolienne en projet
  - Poste de livraison
  - Raccordement électrique inter-éoliennes
  - Aire d'étude (500 m)
  - Aire de survol (R = 66 m)
  - Fondation
  - Plateforme
  - Chemin à créer
  - Chemin à renforcer
  - Limite communale
- Enjeux :**
- Réseau routier et touristique :**
    - Route départementale
    - Chemin
  - Réseau de transport d'énergie :**
    - Gazoduc
    - Ligne électrique haute tension
  - Parc éolien :**
    - Éolienne construite
  - Zone urbanisée :**
    - Hangar inhabité

**Périmètres de zones d'effet des scénarii :**

- Chute d'éléments de l'éolienne (66 m)
- Projection de glace (324 m)
- Chute de glace (66 m)
- Projection de pales ou de fragments de pales (500 m)
- Effondrement de l'éolienne (150 m)



**1:13 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)



## 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 scénarii 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 apparait 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.**

## CHAPITRE 2. ETUDES DE DANGERS

Etude réalisée par le bureau d'études AUDDICE ENVIRONNEMENT.

Aurélie COFFRAND : Chef de projet

Jean-Marie PLESSIS : Cartographe SIG

AUDDICE ENVIRONNEMENT EST  
6 Place Sainte Croix  
51 000 Châlons-en-Champagne  
03 26 64 05 01



## 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 le pétitionnaire, pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du **parc éolien de Quatre Vallées VII**, 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 VII, 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 VII est dans la continuité du parc éolien de Quatre Vallées V en cours d'instruction sur les communes de Coole et Pringy.

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>3</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
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>	<b>A : Autorisation</b>

Tableau 5. Rubrique des installations classées au titre des ICPE

**Le parc éolien de Quatre Vallées VII** 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).

3 Loi N°76-663 du 19 juillet 1976 modifiée, Code de l'Environnement (Art. L511-1)

## 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 apparaissaient 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.

## 2.2 Informations générales concernant l'installation

### 2.2.1 Renseignements administratifs

Le porteur du projet est la Société d'Exploitation du Parc Eolien de Pringy.

### 2.2.2 Localisation du site

Le parc éolien de **Quatre Vallées VII** se situe dans la continuité du parc éolien de **Quatre Vallées V**.

Il sera composé de 7 aérogénérateurs et 3 postes de livraison, localisés sur la commune de Pringy (51).

Cette commune est située dans le Sud du département de la Marne, à la limite du département de l'Aube (10), à environ 15 km à l'Ouest de Vitry-le-François, à environ 20 km au Sud de Châlons-en-Champagne et à environ 50 km de Troyes.

La localisation du site est visible sur la carte en page suivante.

*Carte 3 - Carte de situation – p.32*

### 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 :

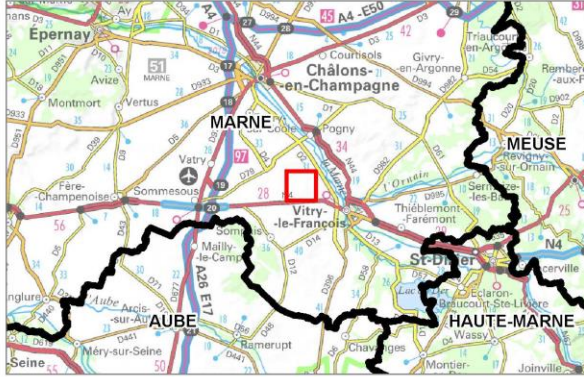
- Songy
- Pringy
- Maisons-en-Champagne



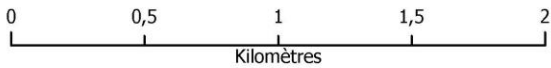
Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

Carte de situation



- Eolienne en projet
- Poste de livraison
- Raccordement électrique inter-éoliennes
- Aire d'étude (500 m)
- Limite communale

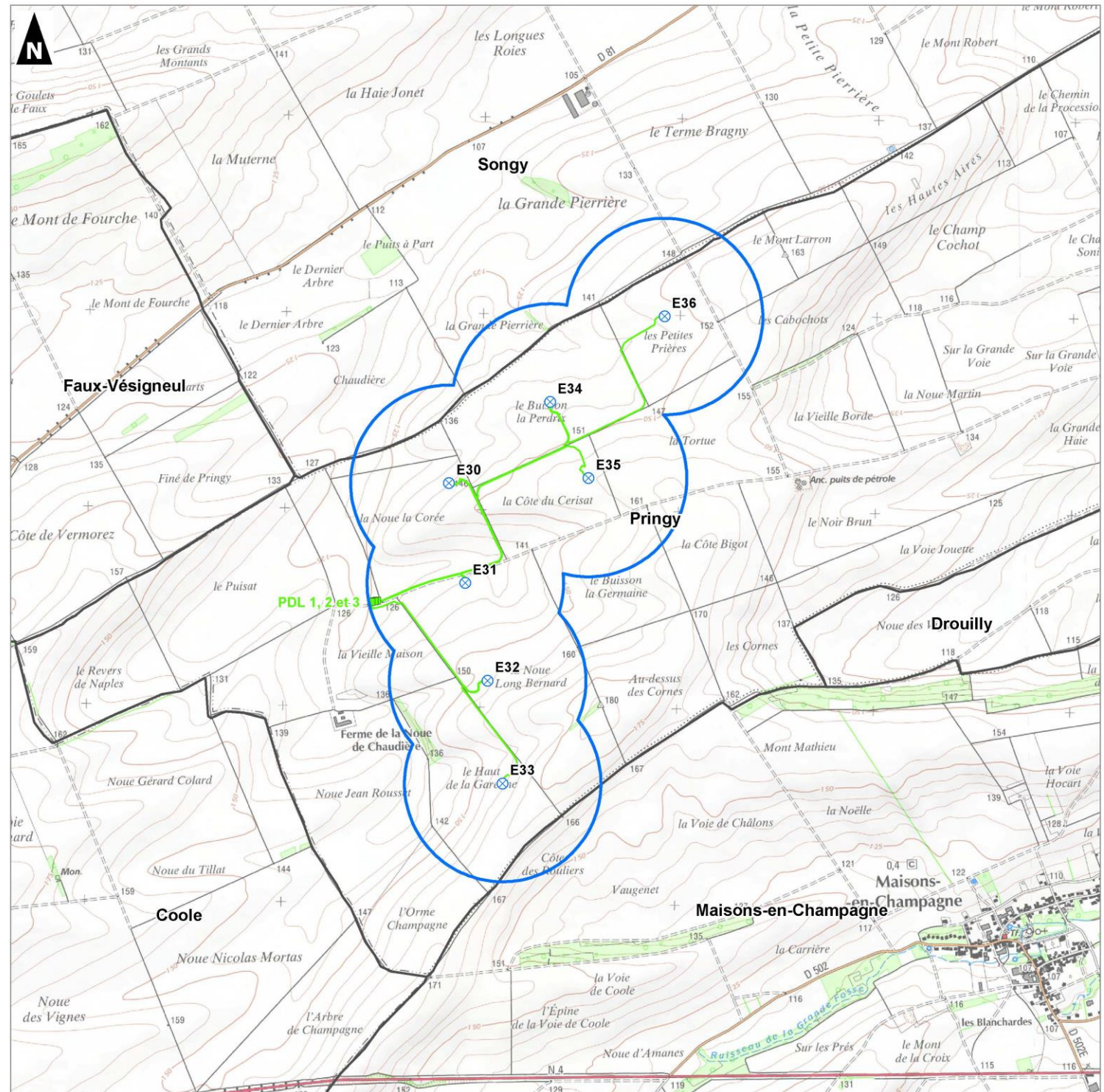


**1:20 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)



Réalisation : AUDDICE, 2017  
Source de fond de carte : IGN, SCAN 25° et SCAN 1000°  
Sources de données : IGN BD Cartho® - GAMESA - AUDDICE, 2017



## 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 : Songy, Pringy et Maisons-en-Champagne se situent en région Grand Est dans le département de la Marne.

#### ■ Zones urbanisées

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 :

- 2,1 km de Maisons-en-Champagne
- 2,7 km de Pringy
- 2,9 km de Songy ;
- 3,7 km de Faux-Vésigneul

La ferme de la Noue de la Chaudière localisée à environ 750 m de la première éolienne n'a pas de vocation d'habitat.

#### ■ Zones urbanisables

Les communes du secteur d'étude disposent des documents suivants :

- La commune de Songy est dotée d'une carte communale approuvée le 05 juillet 2011 ;
- La commune de Pringy ne dispose pas de document d'urbanisme et est donc soumise au RNU.
- La commune de Maisons-en-Champagne est dotée d'une carte communale approuvée le 24 avril 2008.

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).

En application de l'article L124-2 du code de l'urbanisme, les **cartes communales** délimitent les secteurs où les constructions sont autorisées et les secteurs où les constructions ne sont pas admises.

Les communes de Songy et de Maisons-en-Champagne disposent d'une carte communale. Le périmètre de 500 m autour des éoliennes est localisé en zone N, zone naturelle non constructible.

Les éoliennes dont l'implantation est envisagée à Pringy ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière et ne portent pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages, à l'exploitation agricole ou forestière et à la mise en valeur des ressources naturelles.



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 Etablissements 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 l'Orme Champagne installation classée pour la protection de l'environnement située à 385m de l'éolienne E33, à 390m de l'éolienne E35 et à 410 et 440 m de l'éolienne E36.

### 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.

### 2.3.2.2 Potentiel éolien

D'après le Schéma Régional Eolien, le projet se trouve dans une zone où les mesures de vents sont de l'ordre de 5 à 5,5 m/s.

Concernant le danger présenté par des vents violents, les effets sont limités pour le présent parc éolien. Les deux masts de mesure présents sur site (l'un pendant 6 ans) ont enregistré au plus fort en Février 2010 des vitesses de 29,3 m/s à 41 mètres et 28,4 m/s à 78 mètres.

Sur le site, la direction et les vitesses de vent ont été mesurées par un mat de mesures de vent de 67 mètres de hauteur installé par le maître d'ouvrage au niveau du secteur d'étude sur le territoire de la commune de Coole.

Un second mât de mesures de 100 mètres de hauteur a été installé dans l'Est du secteur d'étude, sur le territoire de la commune de Pringy.

Les vents présentant la meilleure ressource sur le secteur d'étude sont majoritairement d'orientation sud-ouest. Dans une moindre mesure, des vents de nord sont enregistrés mais sur des vitesses plus faibles.

La vitesse long terme à 67 m oscille entre 7 et 7,5 m/s.

### 2.3.2.3 Risques naturels

Les risques naturels ont été étudiés dans la cadre de l'étude d'impact (Cf dossier 5a 1 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

Le secteur d'étude est soumis aux remontées de nappes, la nappe est affleurante, notamment en partie centrale et ouest. Les éoliennes sont toutefois implantées en zone de sensibilité faible à très faible.

#### ■ 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.

#### ■ 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.**

#### ■ 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 RN 4, qui longe le secteur d'étude d'est en ouest, reliant VITRY-LE-FRANCOIS à SEZANNE en passant par COOLE ;
- La RD 502, reliant MAISONS-EN-CHAMPAGNE à la RN 4 (reliant COOLE à MAISONS-EN-CHAMPAGNE) au sud-est du site ;
- La RD 4, qui longe le secteur d'étude à l'ouest, reliant COOLE à FAUX-VESIGNEUL ;
- La RD 81, qui traverse le site au nord-ouest, reliant COOLE à SONGY. Elle donne accès au site par l'ouest et le nord ;
- La RD 281, reliant FAUX-VESIGNEUL à la RD 81 (reliant COOLE à SONGY) au nord-ouest du site. Elle donne accès au site par l'ouest et le nord ;
- La RD 2, qui longe le secteur d'étude à l'est, reliant VITRY-LE-FRANCOIS à CHALONS-EN-CHAMPAGNE et passant par DROUILLY, PRINGY & SONGY.

**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

##### • Aviation civile

La Direction générale de l'aviation civile, dans un courriel en date du 10 février 2015, précise que le projet est situé dans un secteur à l'aplomb duquel a été instaurée une altitude minimale de secteur (MSA) destinée à protéger les trajectoires des procédures aux instruments de l'aérodrome de Châlons-Vatry. Cette altitude est fixée à la cote NGF 635. Afin de garantir la sécurité de ces procédures, en respect de la marge de franchissement d'obstacles (MFO) réglementaire, la construction de tout nouvel obstacle artificiel est ainsi limitée à la cote NGF 335.

Les éoliennes retenues respectent cette limitation de hauteur.

##### • Aviation militaire

Dans sa réponse du 12 août 2015, la Région Aérienne Militaire Nord (R.A.M. Nord) rappelle les contraintes présentes au droit du secteur d'étude :

- Un plafond aérien de l'aérodrome de la défense de Saint-Dizier-Robinson, l'altitude sommitale des aérogénérateurs, pales à la verticale, est limitée à 352 mètres NGF.

Les éoliennes retenues respectent cette limitation de hauteur.

- Deux faisceaux hertziens de la défense dont la zone de protection est de 80 mètres de part et d'autre de chacun des faisceaux à l'intérieur desquelles l'implantation d'aérogénérateurs est proscrite, bout de pale inclus.

L'implantation des éoliennes a été conçue en respectant une distance d'éloignement de 100 m de part et d'autre des faisceaux.



## ■ Randonnées pédestres

Aucun chemin de randonnée GR ne traverse le parc éolien.

### 2.3.3.2 Réseaux publics et privés

- Une **Ligne électrique HTA** alimentant les hangars au lieu-dit ferme de la Noue de Chaudière traverse le secteur d'étude sur sa partie sud à une distance d'environ 90 m de l'éolienne E33.

Dans un courriel du 1er février 2019, Enedis préconise une distance de recul équivalent au demi-diamètre + 3 m. En tenant compte du gabarit maximum de 66 m de demi-diamètre du rotor, la distance d'éloignement de 90 m entre de la ligne électrique et le pied du mât, est suffisante.

- Un ouvrage de **transport de gaz** est présent au sein du secteur d'étude.

Les éoliennes E31 et E32 se trouvent à une distance d'environ 200 m de cet ouvrage.

Dans un courrier en date du 06 juin 2017, la société GRTgaz émet un avis favorable à l'implantation du parc éolien de Quatre Vallées VII. En effet suite à la réalisation d'une étude de compatibilité prenant en compte les caractéristiques des éoliennes du modèle G132T84, les distances d'éloignement des ouvrages de gaz ont été jugé suffisantes.

### 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

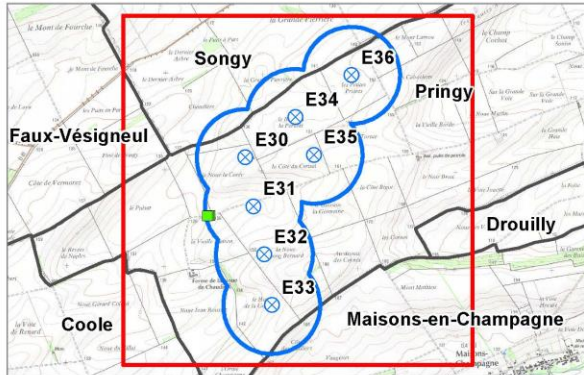
Les différents enjeux identifiés précédemment apparaissent sur la carte des enjeux.

*Carte 4-Carte des enjeux– p.38*

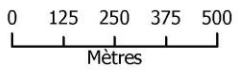
Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

**Carte des enjeux**

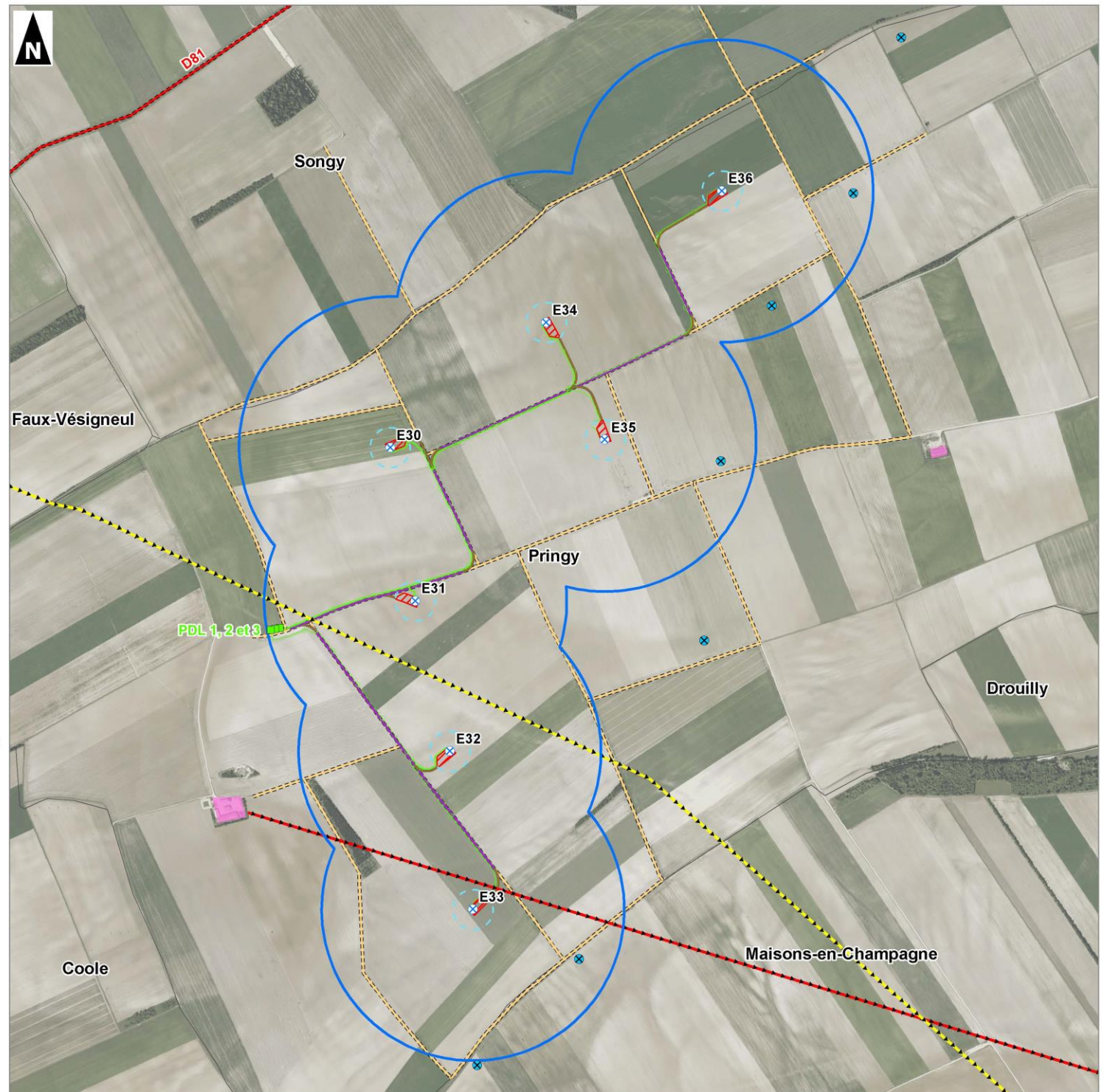


- |  |                                         |                                        |                                |
|--|-----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
|  | Eolienne en projet                      | <b>Enjeux :</b>                        |                                |
|  | Poste de livraison                      | <b>Réseau routier et touristique :</b> |                                |
|  | Raccordement électrique inter-éoliennes |                                        | Route départementale           |
|  | Aire d'étude (500 m)                    |                                        | Chemin                         |
|  | Aire de survol (R = 66 m)               |                                        | Gazoduc                        |
|  | Fondation                               |                                        | Ligne électrique haute tension |
|  | Plateforme                              | <b>Parc éolien :</b>                   |                                |
|  | Chemin à créer                          |                                        | Eolienne construite            |
|  | Chemin à renforcer                      | <b>Zone urbanisée :</b>                |                                |
|  | Limite communale                        |                                        | Hangar inhabité                |



**1:13 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

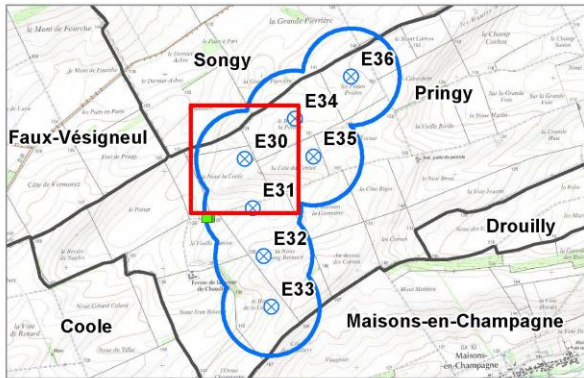




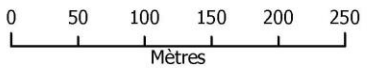
Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

Carte des enjeux - Eolienne E30



- |  |                                         |                                        |
|--|-----------------------------------------|----------------------------------------|
|  | Eolienne en projet                      | <b>Enjeux :</b>                        |
|  | Poste de livraison                      | <b>Réseau routier et touristique :</b> |
|  | Raccordement électrique inter-éoliennes |                                        |
|  | Aire d'étude (500 m)                    |                                        |
|  | Aire de survol (R = 66 m)               | <b>Réseau de transport d'énergie :</b> |
|  | Fondation                               |                                        |
|  | Plateforme                              |                                        |
|  | Chemin à créer                          | <b>Parc éolien :</b>                   |
|  | Chemin à renforcer                      |                                        |
|  | Limite communale                        | <b>Zone urbanisée :</b>                |
|  |                                         |                                        |



**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

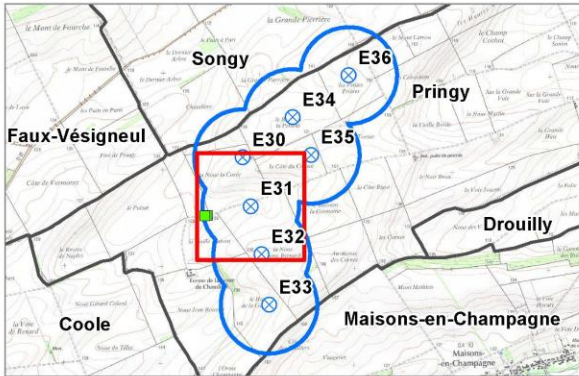




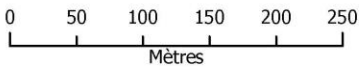
Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

**Carte des enjeux - Eolienne E31**

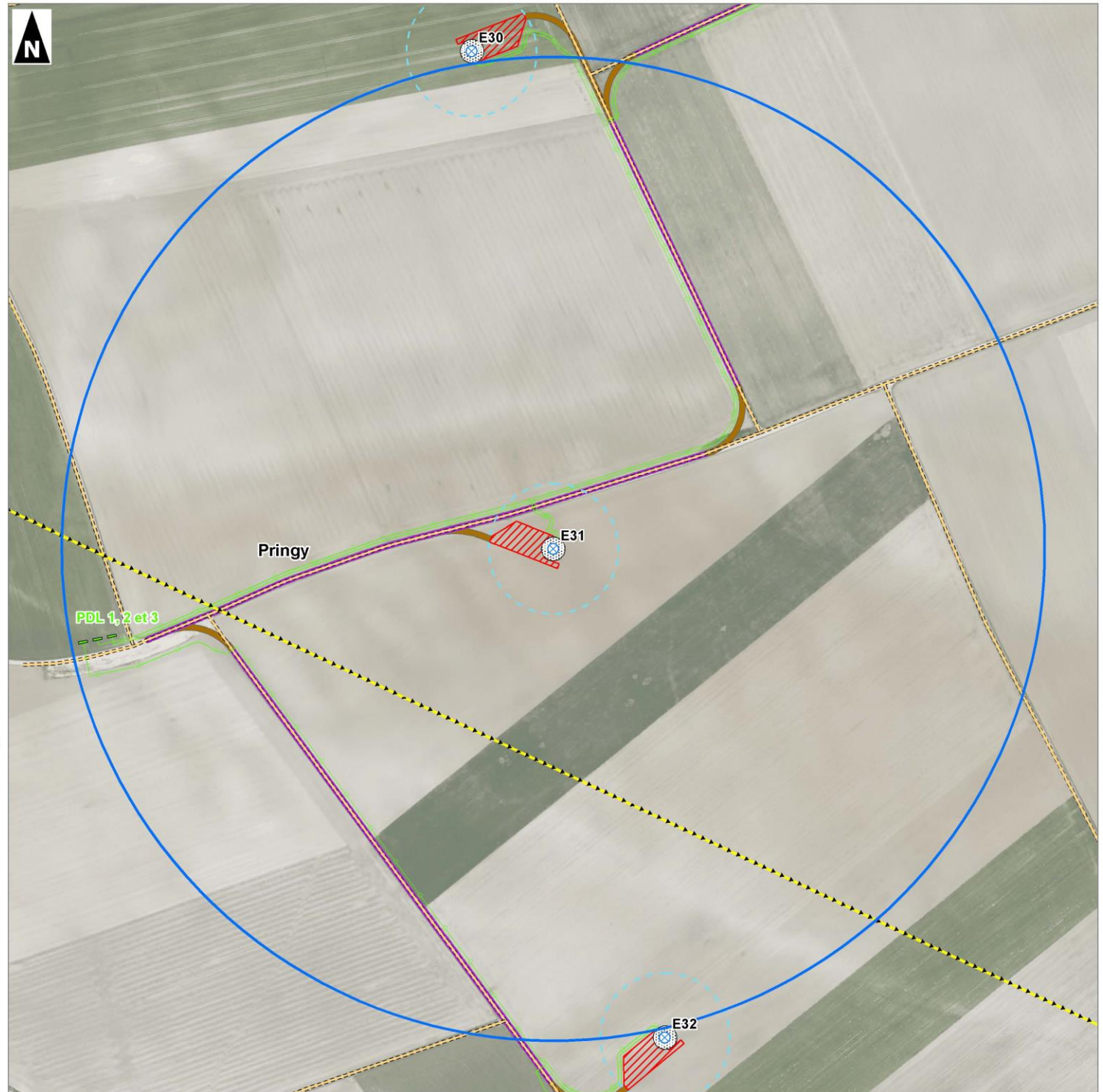


- |  |                                         |                                        |
|--|-----------------------------------------|----------------------------------------|
|  | Eolienne en projet                      | <b>Enjeux :</b>                        |
|  | Poste de livraison                      | <b>Réseau routier et touristique :</b> |
|  | Raccordement électrique inter-éoliennes |                                        |
|  | Aire d'étude (500 m)                    |                                        |
|  | Aire de survol (R = 66 m)               | <b>Réseau de transport d'énergie :</b> |
|  | Fondation                               |                                        |
|  | Plateforme                              |                                        |
|  | Chemin à créer                          | <b>Parc éolien :</b>                   |
|  | Chemin à renforcer                      |                                        |
|  | Limite communale                        | <b>Zone urbanisée :</b>                |
|  |                                         |                                        |



**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

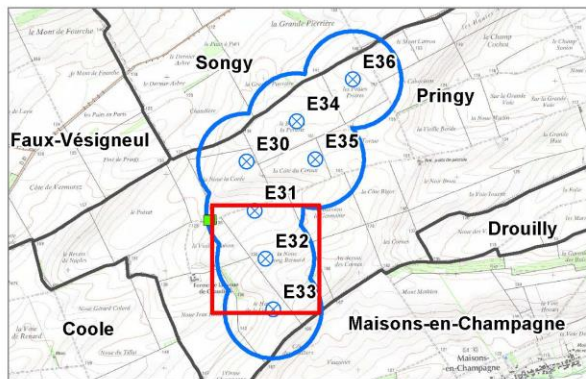




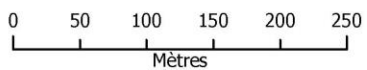
Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

**Carte des enjeux - Eolienne E32**



- |  |                                         |                                        |
|--|-----------------------------------------|----------------------------------------|
|  | Eolienne en projet                      | <b>Enjeux :</b>                        |
|  | Poste de livraison                      | <b>Réseau routier et touristique :</b> |
|  | Raccordement électrique inter-éoliennes |                                        |
|  | Aire d'étude (500 m)                    |                                        |
|  | Aire de survol (R = 66 m)               | <b>Réseau de transport d'énergie :</b> |
|  | Fondation                               |                                        |
|  | Plateforme                              |                                        |
|  | Chemin à créer                          | <b>Parc éolien :</b>                   |
|  | Chemin à renforcer                      |                                        |
|  | Limite communale                        | <b>Zone urbanisée :</b>                |
|  |                                         |                                        |



**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

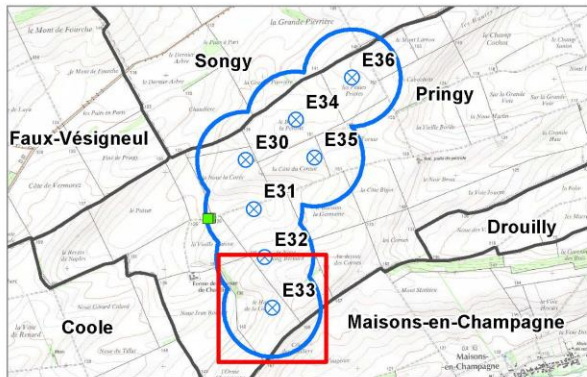




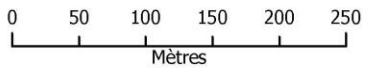
Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

**Carte des enjeux - Eolienne E33**

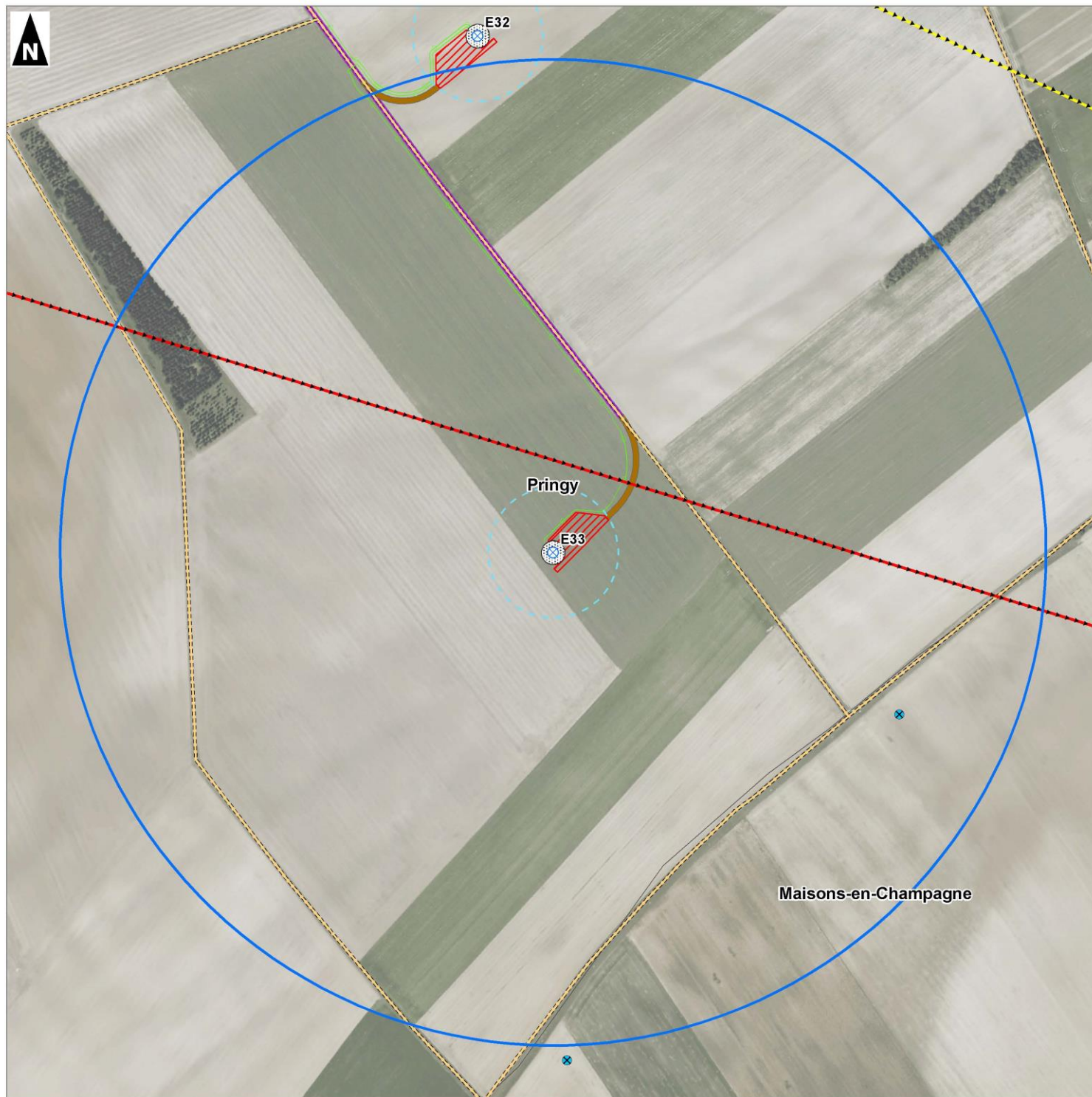


- |  |                                         |                                        |                                |
|--|-----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
|  | Eolienne en projet                      | <b>Enjeux :</b>                        |                                |
|  | Poste de livraison                      | <b>Réseau routier et touristique :</b> |                                |
|  | Raccordement électrique inter-éoliennes |                                        | Route départementale           |
|  | Aire d'étude (500 m)                    |                                        | Chemin                         |
|  | Aire de survol (R = 66 m)               | <b>Réseau de transport d'énergie :</b> |                                |
|  | Fondation                               |                                        | Gazoduc                        |
|  | Plateforme                              |                                        | Ligne électrique haute tension |
|  | Chemin à créer                          | <b>Parc éolien :</b>                   |                                |
|  | Chemin à renforcer                      |                                        | Eolienne construite            |
|  | Limite communale                        | <b>Zone urbanisée :</b>                |                                |
|  |                                         |                                        | Hangar inhabité                |



**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

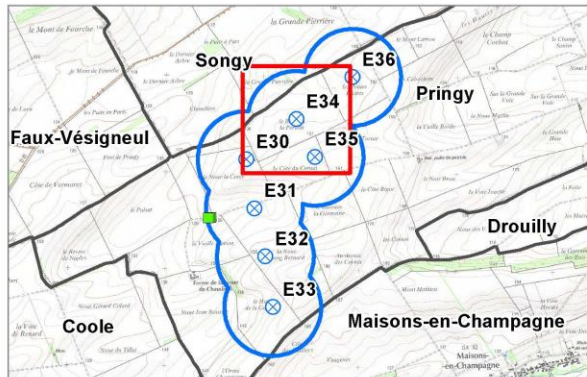




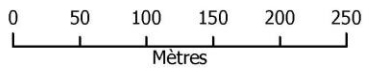
Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

**Carte des enjeux - Eolienne E34**



- |  |                                         |                                        |                                |
|--|-----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
|  | Eolienne en projet                      | <b>Enjeux :</b>                        |                                |
|  | Poste de livraison                      | <b>Réseau routier et touristique :</b> |                                |
|  | Raccordement électrique inter-éoliennes |                                        | Route départementale           |
|  | Aire d'étude (500 m)                    |                                        | Chemin                         |
|  | Aire de survol (R = 66 m)               | <b>Réseau de transport d'énergie :</b> |                                |
|  | Fondation                               |                                        | Gazoduc                        |
|  | Plateforme                              |                                        | Ligne électrique haute tension |
|  | Chemin à créer                          | <b>Parc éolien :</b>                   |                                |
|  | Chemin à renforcer                      |                                        | Eolienne construite            |
|  | Limite communale                        | <b>Zone urbanisée :</b>                |                                |
|  |                                         |                                        | Hangar inhabité                |



**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

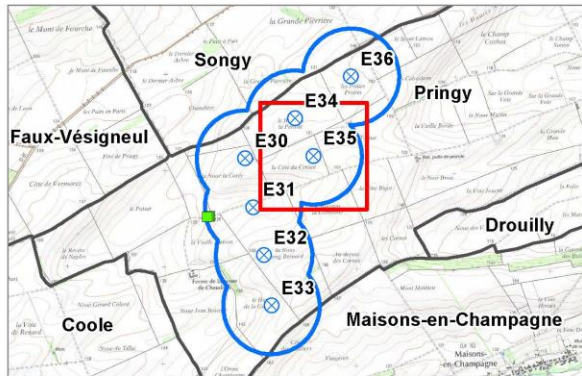




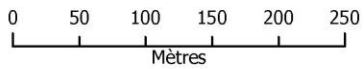
Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

Carte des enjeux - Eolienne E35



- |  |                                         |                                        |                                |
|--|-----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
|  | Eolienne en projet                      | <b>Enjeux :</b>                        |                                |
|  | Poste de livraison                      | <b>Réseau routier et touristique :</b> |                                |
|  | Raccordement électrique inter-éoliennes |                                        | Route départementale           |
|  | Aire d'étude (500 m)                    |                                        | Chemin                         |
|  | Aire de survol (R = 66 m)               | <b>Réseau de transport d'énergie :</b> |                                |
|  | Fondation                               |                                        | Gazoduc                        |
|  | Plateforme                              |                                        | Ligne électrique haute tension |
|  | Chemin à créer                          | <b>Parc éolien :</b>                   |                                |
|  | Chemin à renforcer                      |                                        | Eolienne construite            |
|  | Limite communale                        | <b>Zone urbanisée :</b>                |                                |
|  |                                         |                                        | Hangar inhabité                |



**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

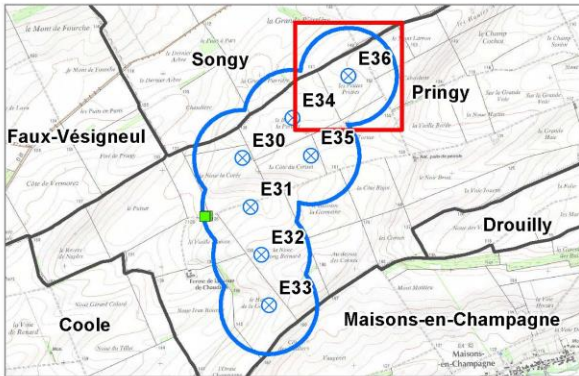




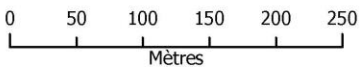
Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

**Carte des enjeux - Eolienne E36**



- |  |                                         |                                        |                                |
|--|-----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
|  | Eolienne en projet                      | <b>Enjeux :</b>                        |                                |
|  | Poste de livraison                      | <b>Réseau routier et touristique :</b> |                                |
|  | Raccordement électrique inter-éoliennes |                                        | Route départementale           |
|  | Aire d'étude (500 m)                    |                                        | Chemin                         |
|  | Aire de survol (R = 66 m)               | <b>Réseau de transport d'énergie :</b> |                                |
|  | Fondation                               |                                        | Gazoduc                        |
|  | Plateforme                              |                                        | Ligne électrique haute tension |
|  | Chemin à créer                          | <b>Parc éolien :</b>                   |                                |
|  | Chemin à renforcer                      |                                        | Eolienne construite            |
|  | Limite communale                        | <b>Zone urbanisée :</b>                |                                |
|  |                                         |                                        | Hangar inhabité                |



**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)



## 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.

#### ■ Eléments 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.

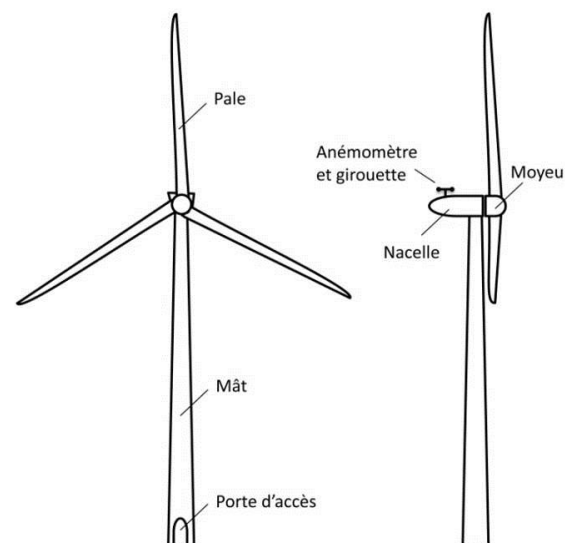


Figure 4. Schéma simplifié d'un aérogénérateur

## ■ 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.

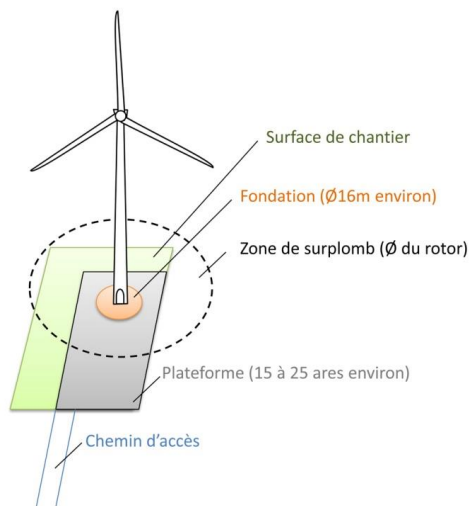


Figure 5. Illustration des emprises au sol d'une éolienne

## ■ 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 VII** est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent.

### 2.4.1.3 Composition de l'installation

Dans le cadre de ce projet, six modèles d'aérogénérateurs GAMESA SIEMENS de même gabarit sont envisagés par le porteur du projet, celui-ci se laissant le choix définitif ultérieur :

- G114 T93 (2,5 MW) (aussi dénommées G114 HH93)
- G114 T93 (2,625 MW) (aussi dénommées G114 HH93 version Maxpower)
- G126 T84 (2,5 MW) (aussi dénommées G126 HH84)
- G126 T84 (2,625 MW) (aussi dénommées G126 HH84 version Maxpower)
- G132 T84 (3,3 MW) (aussi dénommées G132 HH84)
- G132 T84 (3,465 MW) (aussi dénommées G132 HH84 version Maxpower)

	<b>G114 T93</b>	<b>G126 T84</b>	<b>G132 T84</b>
<b>Puissance nominale</b>	2,5 – 2,625 MW	2,5 – 2,625 MW	3,3 – 3,465 MW
<b>Hauteur du moyeu</b>	93 m	84 m	84 m
<b>Hauteur au sens de la réglementation ICPE hauteur mat + nacelle</b>	95 m	86 m	86 m
<b>Diamètre de rotor</b>	114 m	126 m	132 m
<b>Pales</b>	56 m	62 m	64,5 m
<b>Hauteur totale en bout de pale</b>	149 m	146 m	148,5 m

**Tableau 6.** Caractéristiques techniques des éoliennes

**Nota :** Compte tenu de ses dimensions, la G132 T84 est l'éolienne la plus impactante par rapport aux deux autres modèles Afin de se placer dans des conditions majorantes, les calculs présentés dans l'étude détaillée des risques

(Cf. § 2.8.2Sélection de l'éolienne la plus impactante, p. 95) seront par conséquent effectués avec les dimensions de la GAMESA G132 T84.

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

<b>Nom de l'installation</b>	<b>Commune d'implantation</b>	<b>Lambert 2 étendu (m)</b>		
		<b>X</b>	<b>Y</b>	
<b>E30</b>	Pringy	755915	2421275	
<b>E31</b>		756002	2420770	
<b>E32</b>		756120	2420274	
<b>E33</b>		756201	2419751	
<b>E34</b>		756427	2421693	
<b>XX</b>				
<b>E35</b>		756624	2421307	
<b>E36</b>		757004	2422133	
<b>PDL 1</b>		Pringy	Lieu-dit le Puisat	
<b>PDL 2</b>		Pringy	Lieu-dit le Puisat	
<b>PDL 3</b>	Pringy	Lieu-dit le Puisat		

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°4 Plans réglementaires).

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 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur SIEMENS 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 décupler 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 à 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

Fonction	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol
Description	<p>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.</p> <p>Après les travaux, les fondations seront recouvertes de terre de remblais compactée. Seule la base du mât émergera à la surface du sol.</p>

#### ● Nacelle

Fonctions	<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>
Description	<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> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <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

Fonction	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice
Description du rotor	<p>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.</p>



## 2.4.2 Fonctionnement de l'installation

### 2.4.2.1 Sécurité de l'installation

#### ■ Certification

Les éoliennes Gamesa - G114 T93, G126 T84 et G132 T84 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

Les aérogénérateurs G114 T93, G126 T84 et G132 T84 sont équipés 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**

Les aérogénérateurs G114 T93, G126 T84 et G132 T84 sont protégés 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/glace**

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 SIEMENS GAMESA 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



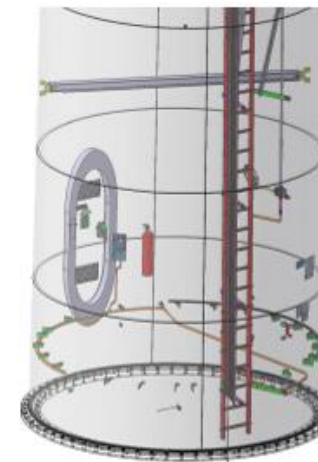
Trois capteurs PT100 sont situés dans le point le plus critique de chaque aérogénérateur (pour détecter les températures anormales qui pourraient aboutir à une présence de feu dans le transformateur. Si un capteur mesure des températures sont trop hautes l'éolienne est mise en statut de secours et une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

Les aérogénérateurs G114 T93, G126 T84 et G132 T84 s'intègrent 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 survitesses 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 SDIS des Deux Sèvres

### 2.4.2.2 Opérations de maintenance de l'installation

La société d'exploitation du **parc éolien de Pringy**, 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, **SIEMENS 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, 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 sera réalisée, 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 réglementaires:

- 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>Contrôlé:</b> arrêté du 1 Mars 2004, alinea f) article 3.	personne qualifié et compétante	tous les ans	<b>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</b>
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)	<b>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</b>
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 electriques	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 electriques	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 7.** 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

Les aérogénérateurs G114 T93, G126 T84 et G132 T84 sont équipés 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

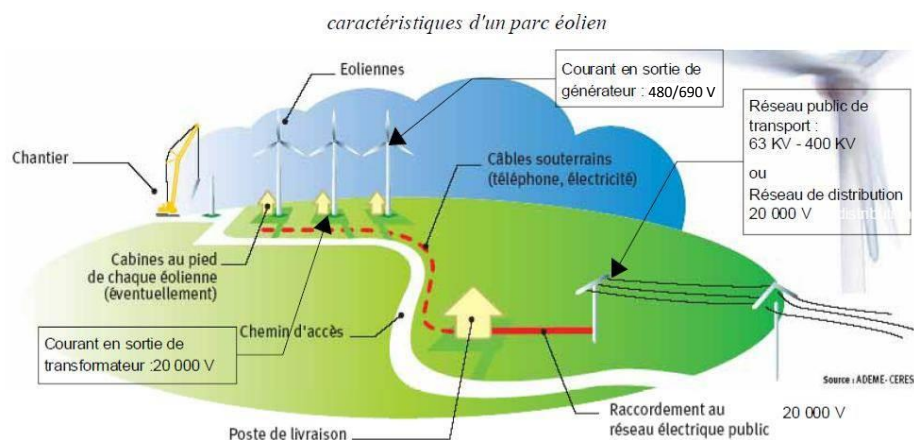


Figure 7. Schéma électrique d'un parc éolien (Source: ADEME)

#### ■ 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 VII**, 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.

Trois postes de livraison sont prévus pour le parc éolien de Quatre Vallées VII. Ils mesurent 9,5 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 VII** 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'Electricité (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.

Les postes sources les plus proches disposant d'une capacité d'accueil sont ceux de Marolles et de la Chaussée-sur-Marne (poste Le Poteau, le précédent poste sur cette commune étant saturé). **C'est le gestionnaire de réseau qui déterminera le poste source le plus adapté pour raccorder le projet de Quatre Vallées VII.**

Le tracé et les caractéristiques du réseau inter-éolien sont présentés dans le cahier n°8 - organisation du réseau électrique interne.

## 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, 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 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
<b>Système de transmission</b>	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique
<b>Pale</b>	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Energie cinétique d'éléments de pales
<b>Aérogénérateur</b>	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Energie cinétique de chute
<b>Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur</b>	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique
<b>Nacelle</b>	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
<b>Rotor</b>	Transformation de l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets

**Tableau 8.** 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 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 SIEMENS **GAMESA Renewable Energy** 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, et complété par les données disponibles de la base de données ARIA (consultation en janvier 2018).

Annexe 2 : Annexe au guide technique, inventaire de l'accidentologie réalisé en mars 2012 par le groupe de travail INERIS/SER FEE et complété jusque 2018

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 est complété, en

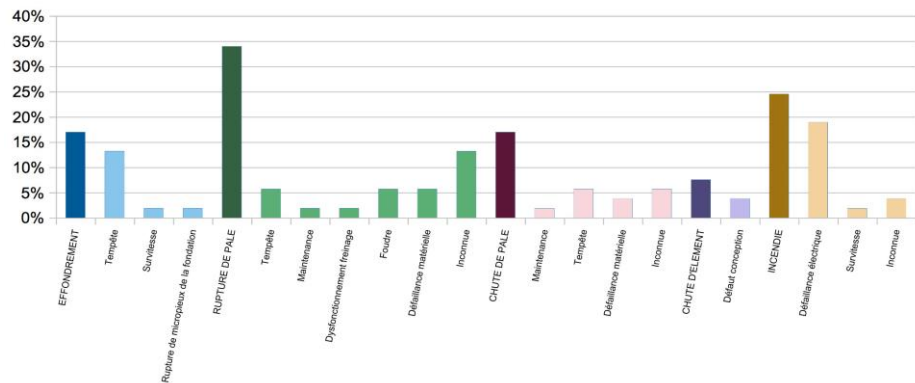
2018, par 38 incidents supplémentaires enregistrés en France entre 2012 et début 2018.

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 2018. 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 incendies, les effondrements, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. La principale cause de ces accidents est les tempêtes.



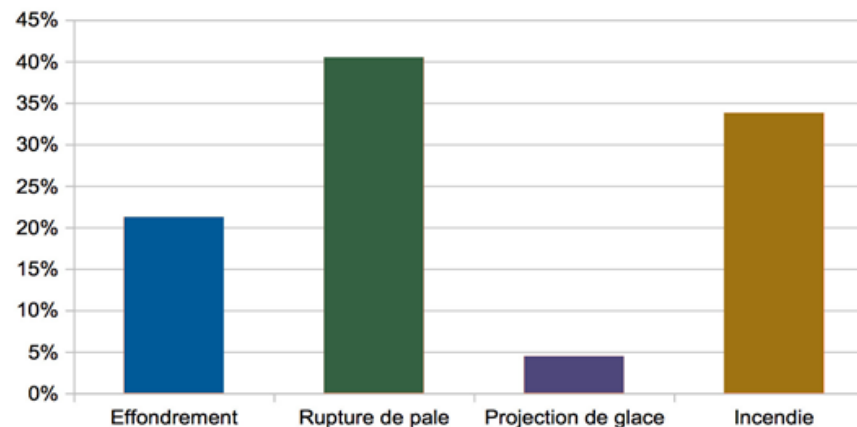
## 2.6.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international

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 au 31 mars 2018.

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.

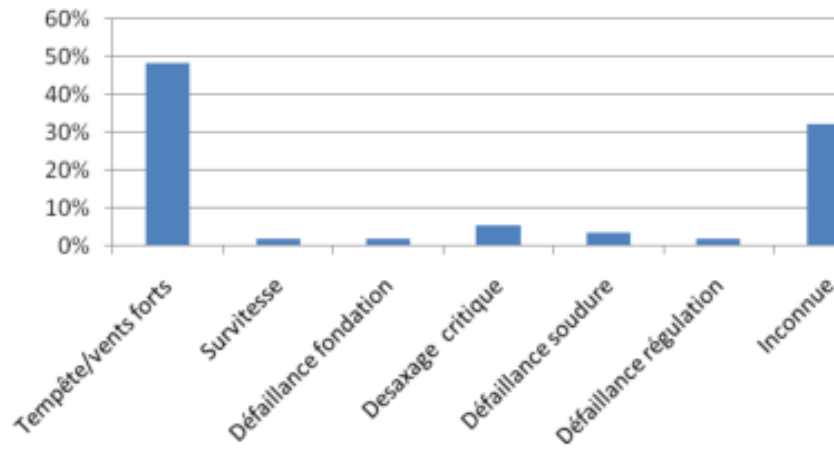
Répartition des évènements accidentels dans le monde entre 2000 et 2018



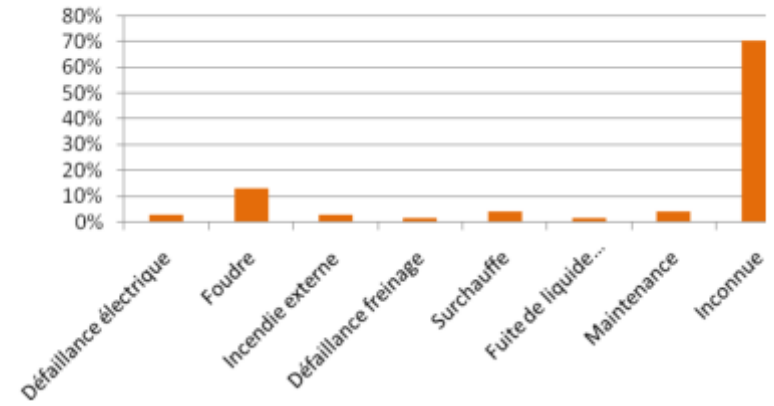
Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).



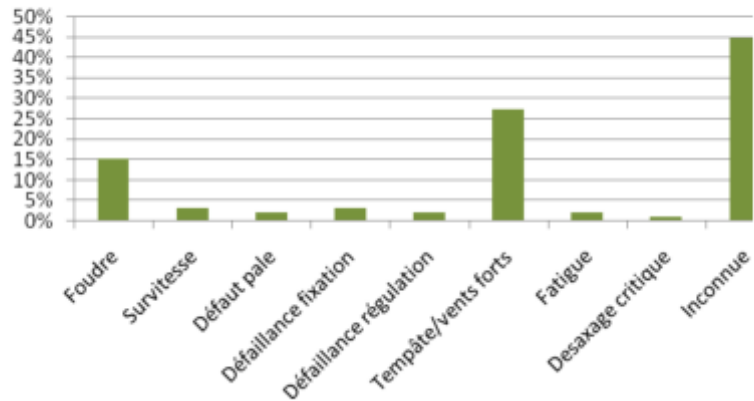
Répartition des causes premières d'effondrement



Répartition des causes premières d'incendie



Répartition des causes premières de rupture de pale



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

La société d'exploitation du parc éolien de Pringy n'a aucun parc éolien en exploitation actuellement.

Les parcs éoliens **Quatre Vallées I et III** ont été mis en service en 2012 et 2016 et aucun accident majeur n'est à signaler.

Le groupe Siemens Gamesa Renewable Energy compte plus de 75 GW installés à travers le monde. En France, la société a installé près de 1200 MW et dispose du retour d'expérience suivant :

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

Type d'accident	Date	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident
Rupture de pale	05/04/2015	Aude	0,85	2008	Chute de pale	Cause inconnue à ce jour
Rupture de pale	05/03/2016	Cotes d'Armor	0,85	2012	Chute de pale	Cause inconnue à ce jour
Rupture de pale	18/01/2017	Somme	2	2009	Bris de pale	Cause inconnue à ce jour
Rupture de pale	27/02/2017	Deux Sèvres	2	2010	Bris de pale	Cause inconnue à ce jour
Rupture de pale	28/02/2017	Meuse	2	2010	Bris de pale	Cause inconnue à ce jour
Rupture de pale	08/06/2017	Charente	2	2009	Bris de pale	Cause inconnue à ce jour

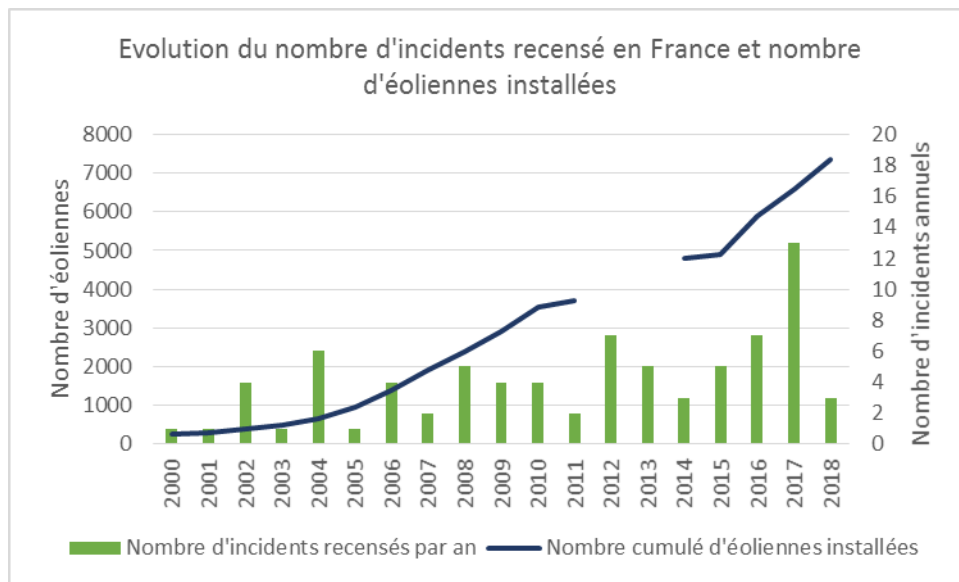
## 2.6.4 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

### 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.



\* Absence de données fiables sur le nombre d'éoliennes entre 2011 et 2014

### 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
<b>Voies de circulation</b>	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
<b>Aérodrome</b>	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Infrastructure au-delà du périmètre de 2000 m
<b>Ligne THT</b>	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Infrastructure au-delà du périmètre de 500 m
<b>Canalisation de transport de gaz</b>	Transport de gaz	Rupture de la canalisation	Explosion	200 m	E31 et E32 se trouvent à environ 200 m de cet ouvrage.
<b>Autres aérogénérateurs</b>	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Présence du parc éolien de Quatre Vallées V et de l'Orme Champagne située à 385m de E33, à 390m de E35 et à 410 et 440 m de E36.

Tableau 9. 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 2.3.2.3 « 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°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement 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 sur vitesse (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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification 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
F02	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
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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 10.** 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 ».

- Pour la ligne aérienne moyenne tension qui alimente la ferme de la Noue de Chaudière (zone de risque de l'éolienne E33), un effet domino (incendie notamment) peut être observé. Cependant, l'éventuel effet domino n'aggraverait pas le nombre de victimes comptés précédemment d'autant que la cinétique du phénomène sera plus lente que la chute elle-même.

Ce lieu-dit est en réalité constitué de hangars agricoles pour lesquels le risque de coupure d'alimentation n'aggrave pas le nombre de victimes déjà dénombrées.

Les effets de la perte d'électricité occasionnée par une éolienne ne fait pas partie du champ de l'étude de dangers.

- La canalisation de transport de gaz se situe dans la zone de risque des éoliennes E31 et E32. Cela peut entraîner un effet domino (incendie notamment). Cependant, l'éventuel effet domino n'aggraverait pas le nombre de victimes comptés précédemment d'autant que la cinétique du phénomène sera plus lente que la chute elle-même.

Néanmoins dans un courrier en date du 06 juin 2017, la société GRTgaz émet un avis favorable à l'implantation du parc éolien de Quatre Vallées VII. En effet suite à la réalisation d'une étude de compatibilité prenant en compte les caractéristiques des éoliennes du modèle G132T84, les distances d'éloignement des ouvrages de gaz ont été jugé suffisantes.

- La distance inter-éolienne est inférieure à 500m entre certaines éoliennes du parc de Quatre Vallées VII mais également avec les éoliennes du parc de l'Orme Champagne.

Ainsi pour les éoliennes E33, E34, E35 et E36 au moins un 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.

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 G114 T93, G126 T84 et G132 T84**.

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	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
<b>Mesures de sécurité</b>	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
<b>Description</b>	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.		
<b>Indépendance</b>	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.		
<b>Temps de réponse</b>	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014)		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
<b>Maintenance</b>	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
<b>Mesures de sécurité</b>	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
<b>Description</b>	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)		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
<b>Tests</b>	NA		
<b>Maintenance</b>	vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	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 de sécurité	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 de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
<b>Mesures de sécurité</b>	Coupure 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 de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
<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 de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
<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	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
<b>Mesures de sécurité</b>	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution		
<b>Description</b>	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : <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> 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.		
<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	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
<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)		
<b>Description</b>	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
<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	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
<b>Mesures de sécurité</b>	Procédure maintenance		
<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		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
<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		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques	N° de la fonction de sécurité	12
<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
<b>Incendie de l'éolienne (effets thermiques)</b>	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.
<b>Incendie du poste de livraison ou du transformateur</b>	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)
<b>Infiltration d'huile dans le sol</b>	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 11.** 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 : seuil d'exposition très forte ;
- 1% d'exposition : seuil d'exposition forte.

Le degré d'exposition est défini comme le rapport entre la surface atteinte par un élément chutant ou projeté 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 12.** 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 Gravité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée
« Désastreux »	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
« Catastrophique »	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
« Important »	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Sérieux »	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
« Modéré »	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »

**Tableau 13.** 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 2: 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)
A	<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>Probable</b> S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
C	<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.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
D	<b>Rare</b> S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	<b>Extrêmement rare</b> Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

Tableau 14. 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.

### 2.8.1.5 Acceptabilité

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

L'analyse d'acceptabilité est basée sur la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 et reprise dans la circulaire du 10 mai 2010.

**L'acceptabilité résulte du croisement entre probabilité d'occurrence et gravité de l'accident.**

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	Green	Green	Yellow

**Tableau 15.** 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	Green	acceptable
Risque faible	Yellow	acceptable
Risque important	Red	non acceptable

## 2.8.2 Sélection de l'éolienne la plus impactante

Le type d'aérogénérateur n'étant pas encore retenu (il sera choisi après délivrance des autorisations administratives nécessaires), l'étude de dangers a été réalisée de manière à se placer dans les conditions les plus impactantes.

Pour cela, la zone d'effet ainsi que l'intensité des phénomènes sont comparés pour les trois modèles d'éoliennes envisagés : GAMESA G114, G126 et G132.

### 2.8.2.1 Comparaison des zones d'effets

La zone d'effet est la zone dans laquelle le phénomène étudié est susceptible de se produire. Elle varie en fonction des scénarios et des dimensions des éoliennes (Cf. détail des calculs dans le § « Zone d'effet » pour chaque scénario étudié dans le §2.8.3 Caractérisation des scénarii retenus, p. 97).

Pour chaque modèle d'éolienne envisagé, les zones d'effet par scénario sont présentées dans le tableau suivant.

Scénario	G114	G126	G132
Effondrement de l'éolienne	150	147	150
Chute de glace	57	63	66
Chute d'élément	57	63	66
Projection de pale ou de morceau de pale	500	500	500
Projection de glace	310.5	315	324

Tableau 16. Zone d'effet calculée par phénomène et par modèle d'éolienne

### 2.8.2.2 Comparaison de l'intensité des phénomènes

Le degré d'exposition (Cf. détail des calculs dans le Tableau 15 : Cotation des risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010 en page 94) a été calculé pour chaque phénomène et pour chaque type d'éolienne d'après leurs dimensions respectives.

Le résultat des calculs est présenté dans le tableau suivant.

Scénario	G114	G126	G132
Effondrement de l'éolienne	1,0655	1,1026	1,1507
Chute de glace	0,098	0,098	0,098
Chute d'élément	1,093	1,093	1,093
Projection de pale ou de morceau de pale	0,014	0,014	0,014
Projection de glace	0,00033	0,00032	0,00030

Tableau 17. Degré d'exposition calculé par phénomène et par modèle d'éolienne

Les degrés d'exposition ainsi calculés ont permis d'évaluer l'intensité des phénomènes pour chaque type d'éolienne :

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

Tableau 18. Grille de cotation en intensité issue du guide technique



Scénario	G144	G126	G132
<b>Effondrement de l'éolienne</b>	Exposition forte	Exposition forte	Exposition forte
<b>Chute de glace</b>	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
<b>Chute d'élément</b>	Exposition forte	Exposition forte	Exposition forte
<b>Projection de pale ou de morceau de pale</b>	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
<b>Projection de glace</b>	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée

**Tableau 19.** Intensité des phénomènes selon le modèle d'éolienne

### 2.8.2.3 Conclusion sur l'éolienne la plus impactante

Compte tenu de leurs dimensions, les trois modèles d'éoliennes présentent la même intensité pour les différents scénarios. Toutefois, le modèle G132 T84 présente des zones d'effet égales ou supérieures à celles des deux autres modèles.

**Afin de se placer dans des conditions majorantes, les calculs présentés dans l'analyse détaillée des risques (§ 2.8.3 ci-après) sont par conséquent ceux effectués avec les dimensions de la GAMESA G132 T84.**

*NB : la hauteur totale utilisée dans les calculs n'est pas celle annoncée dans les caractéristiques générales du modèle d'éolienne, dans l'ensemble des calculs. Il a en effet été tenu compte du modèle de calcul décomposant la hauteur totale en bout de pale en additionnant hauteur du moyeu + demi-diamètre du rotor. Le décalage de valeur est ici dû à l'inclinaison du rotor par rapport à la verticale, non considéré ici pour maximiser les effets du modèle choisi. Le modèle G132T84 annonce une hauteur bout de pale de 148.5 m.*

## 2.8.3 Caractérisation des scénarii retenus

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

### 2.8.3.1 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 **150 m** dans le cas des éoliennes du **parc éolien de Quatre Vallées VII**.

*NB : la hauteur n'est pas celle annoncée dans les caractéristiques générales du modèle d'éolienne, dans l'ensemble des calculs, il a en effet été tenu compte du modèle de calcul décomposant la hauteur totale en bout de pale en additionnant hauteur du moyeu + demi-diamètre du rotor. Le décalage de valeur est ici dû à l'inclinaison du rotor par rapport à la verticale, non considéré ici pour maximiser les effets du modèle choisi.*

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=**64,5 m**),
- H est la hauteur du moyeu (H=**84 m**),
- D/2 est la longueur d'un demi diamètre (D/2=**66 m**),
- L est la largeur du mât (L= **4,5m**),
- LB est la corde maximale de la pale (LB= **4,5 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= 150 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	= $\pi \times (H+D/2)^2$ <sup>4</sup>		
813,375 m <sup>2</sup>	70 685,83 m <sup>2</sup>	1,1507 %	Exposition forte

**Tableau 20.** Scénario d'effondrement – calcul de l'intensité

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

<sup>4</sup> Dans le guide technique la formule initiale est :  $\pi \times (H+R)^2$ , 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 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 »

Remarque : la ligne aérienne moyenne tension qui alimente la ferme de la Noue de la Chaudière se situe dans la zone de risque de l'éolienne E33. Cela peut entraîner un effet domino (incendie notamment). Cependant, l'éventuel effet domino n'aggraverait pas le nombre de victimes comptés précédemment d'autant que la cinétique du phénomène sera plus lente que la chute elle-même.

Les effets de la perte d'électricité occasionnée par une éolienne ne fait pas partie du champ de l'étude de dangers.

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*	Nbre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E30	Terrains aménagés mais peu fréquentés	70 685,83	0.707	Chemin d'accès chemin rural	0.707	Sérieux
E31		70 685,83	0.707	Chemin d'accès chemin rural	0.707	Sérieux
E32		70 685,83	0.707	Chemin d'accès, chemin rural	0.707	Sérieux
E33		70 685,83	0.707	Chemin d'accès, chemin rural	0.707	Sérieux
E34		70 685,83	0.707	Chemin d'accès	0.707	Sérieux
E35		70 685,83	0.707	Chemin d'accès chemin rural	0.707	Sérieux
E36		70 685,83	0.707	Chemin d'accès	0.707	Sérieux

**Tableau 21.** Scénario d'effondrement – cotation de la gravité

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

## ■ 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>5</sup>, soit une probabilité de  $4,47 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

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

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

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

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

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>5</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 VII**, 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
E30	Sérieux	Acceptable
E31	Sérieux	Acceptable
E32	Sérieux	Acceptable
E33	Sérieux	Acceptable
E34	Sérieux	Acceptable
E35	Sérieux	Acceptable
E36	Sérieux	Acceptable

Tableau 22. Scénario d'effondrement – acceptabilité du risque

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

## ■ Cartographie

Cf § 2.8.4 « Cartographie des risques ».

## 2.8.3.2 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 **66 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 ( $D/2 = 66$  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 $D/2 = 66$ 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>6</sup>		
1,0 m <sup>2</sup>	13 684,8 m <sup>2</sup>	0,007%	Exposition modérée

**Tableau 23.** Scénario chute de glace – calcul de l'intensité

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

## ■ 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 :

<sup>6</sup> Dans le guide technique la formule initiale est :  $\pi \times R^2$ ,  $D/2$  nous semble plus cohérent que  $R$ .

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 66 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
E30	Terrains aménagés mais peu fréquentés	13 684,8	0,137	Chemin d'accès	0,137	Modéré
E31		13 684,8	0,137	Chemin d'accès Chemin rural	0,137	Modéré
E32		13 684,8	0,137	Chemin d'accès	0,137	Modéré
E33		13 684,8	0,137	Chemin d'accès	0,137	Modéré
E34		13 684,8	0,137	Chemin d'accès	0,137	Modéré
E35		13 684,8	0,137	Chemin d'accès	0,137	Modéré
E36		13 684,8	0,137	Chemin d'accès	0,137	Modéré

**Tableau 24.** 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<sup>-2</sup>.

### ■ 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
E30	Modéré	Acceptable
E31	Modéré	Acceptable
E32	Modéré	Acceptable
E33	Modéré	Acceptable
E34	Modéré	Acceptable
E35	Modéré	Acceptable
E36	Modéré	Acceptable

**Tableau 25.** Scénario chute de glace – acceptabilité du risque

Ainsi, pour le parc éolien de Quatre Vallées VII, 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.

### 2.8.3.3 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= **64,5 m**),
- LB est la corde maximale de la pale (LB= **4,5 m**),
- D/2 est la longueur d'un demi-diamètre (D/2= **66 m**).

<sup>7</sup> Dans le guide technique la formule initiale est :  $\pi \times R^2$ , D/2 nous semble plus cohérent que R.

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 66 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>7</sup>	$d = Z_i / Z_E$	
145,1 $m^2$	13 684,8 $m^2$	1,060%	Exposition forte

**Tableau 26.** Scénario chute d'éléments de l'éolienne – calcul de l'intensité

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

#### ■ 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 = 66 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
E30	Terrains aménagés mais peu fréquentés	13 684,8	0,137	Chemin d'accès	0,137	Sérieux
E31		13 684,8	0,137	Chemin d'accès Chemin rural	0,137	Sérieux
E32		13 684,8	0,137	Chemin d'accès	0,137	Sérieux
E33		13 684,8	0,137	Chemin d'accès	0,137	Sérieux
E34		13 684,8	0,137	Chemin d'accès	0,137	Sérieux
E35		13 684,8	0,137	Chemin d'accès	0,137	Sérieux
E36		13 684,8	0,137	Chemin d'accès	0,137	Sérieux

**Tableau 27.** 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 » (8 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit  $8,3 \times 10^{-4}$  événement par éolienne et par an).

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « *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
E30	Sérieux	Acceptable
E31	Sérieux	Acceptable
E32	Sérieux	Acceptable
E33	Sérieux	Acceptable
E34	Sérieux	Acceptable
E35	Sérieux	Acceptable
E36	Sérieux	Acceptable

**Tableau 28.** Scénario chute d'éléments de l'éolienne – acceptabilité du risque

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

### ■ Cartographie

Cf § 2.8.4 « Cartographie des risques ».

## 2.8.3.4 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= 64,5 m),
- LB est la corde maximale de la pale (LB= 4,5 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
$Z_I=R*LB/2$	$Z_E= \pi \times (500)^2$	$d=Z_I/Z_E$	
145,1	785 398,2	0,018%	Exposition modérée

**Tableau 29.** 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 $m^2$	Comptage sur la zone	Route *	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E30	Terrains aménagés mais peu fréquentés	785398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux
E31		785398,2	7,854		7,854	Sérieux
E32		785398,2	7,854		7,854	Sérieux
E33	Terrains aménagés mais peu fréquentés Présence d'un bois	785398,2	7,854		7,854	Sérieux
E34	Terrains aménagés mais peu fréquentés	785398,2	7,854		7,854	Sérieux
E35		785398,2	7,854		7,854	Sérieux
E36		785398,2	7,854		7,854	Sérieux

**Tableau 30.** Scénario chute d'éléments de l'éolienne – cotation de la gravité

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

### Remarques :

- La ligne aérienne moyenne tension qui alimente la ferme de la Noue de Chaudière se situe dans la zone de risque de l'éolienne E33. Cela peut entraîner un effet domino (incendie notamment). Cependant, l'éventuel effet domino n'aggraverait pas le nombre de victimes comptés



précédemment d'autant que la cinétique du phénomène sera plus lente que la chute elle-même.

Les effets de la perte d'électricité occasionnée par une éolienne ne fait pas partie du champ de l'étude de dangers.

- La canalisation de transport de gaz se situe dans la zone de risque des éoliennes E31 et E32. Cela peut entraîner un effet domino (incendie notamment). Cependant, l'éventuel effet domino n'aggraverait pas le nombre de victimes comptés précédemment d'autant que la cinétique du phénomène sera plus lente que la chute elle-même.

Néanmoins dans un courrier en date du 06 juin 2017, la société GRTgaz émet un avis favorable à l'implantation du parc éolien de Quatre Vallées VII. En effet suite à la réalisation d'une étude de compatibilité prenant en compte les caractéristiques des éoliennes du modèle G132T84, les distances d'éloignement des ouvrages de gaz ont été jugées suffisantes.

- La distance inter-éolienne est inférieure à 500m entre certaines éoliennes du parc de Quatre Vallées VII mais également avec les éoliennes du parc de l'Orme Champagne.

Ainsi pour les éoliennes E33, E34, E35 et E36 au moins un 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.

## ■ 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]	$1 \times 10^{-6}$	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$1,1 \times 10^{-3}$	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances [6]	$6,1 \times 10^{-4}$	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

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  $7,66 \times 10^{-4}$  événement par éolienne et par an).

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « *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)		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
<b>E30</b>	Sérieux	Acceptable
<b>E31</b>	Sérieux	Acceptable
<b>E32</b>	Sérieux	Acceptable
<b>E33</b>	Sérieux	Acceptable
<b>E34</b>	Sérieux	Acceptable
<b>E35</b>	Sérieux	Acceptable
<b>E36</b>	Sérieux	Acceptable

**Tableau 31.** Scénario projection de pales ou de fragments de pales – acceptabilité du risque

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

### ■ Cartographie

Cf § 2.8.4 « Cartographie des risques ».

### 2.8.3.5 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 :

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  $1 \text{ m}^2$ ) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

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

- d est le degré d'exposition,
- $Z_I$  est la zone d'impact,
- $Z_E$  est la zone d'effet,
- D est la longueur du diamètre du rotor ( $D=132 \text{ m}$ ),
- H est la hauteur au moyeu ( $H=84 \text{ m}$ ),
- SG est la surface majorante d'un morceau de glace ( $1 \text{ m}^2$ ).

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+D)$ autour de l'éolienne soit 324 m)			
Zone d'impact en $\text{m}^2$	Zone d'effet du phénomène étudié en $\text{m}^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$ZE = \pi \times 1,5^* (H+D)^2$ 8	$d = Z_I / Z_E$	
$1,0 \text{ m}^2$	$329791,8 \text{ m}^2$	$0,00030\%$	Exposition modérée

**Tableau 32.** Scénario projection de glace – calcul de l'intensité

<sup>8</sup> Dans le guide technique la formule initiale est :  $ZE = \pi \times 1,5^*(H+2R)^2$ , or  $H+2R$  ne correspond pas  $H+D$

préconisée dans l'étude [15], car R ne tient pas compte de la taille du moyeu.

## ■ 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 $R_{PG} = 1,5 \times (H+D) = 337,5 \text{ m}$ )					
<i>Eolienne</i>	<i>Type de terrain dans la zone d'effet</i>	<i>Surface zone en <math>m^2</math></i>	<i>Comptage surface</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
<b>E30</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	329791,8	0,330	0,330	Modéré
<b>E31</b>		329791,8	0,330	0,330	Modéré
<b>E32</b>		329791,8	0,330	0,330	Modéré
<b>E33</b>		329791,8	0,330	0,330	Modéré
<b>E34</b>		329791,8	0,330	0,330	Modéré
<b>E35</b>		329791,8	0,330	0,330	Modéré
<b>E36</b>		329791,8	0,330	0,330	Modéré

**Tableau 33.** 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.

## ■ 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)			
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage *</i>	<i>Niveau de risque</i>
<b>E30</b>	Modéré	oui	Acceptable
<b>E31</b>	Modéré	oui	Acceptable
<b>E32</b>	Modéré	oui	Acceptable
<b>E33</b>	Modéré	oui	Acceptable
<b>E34</b>	Modéré	oui	Acceptable
<b>E35</b>	Modéré	oui	Acceptable
<b>E36</b>	Modéré	oui	Acceptable

**Tableau 34.** 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 VII, le phénomène projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

## ■ Cartographie

Cf § 2.8.4 « Cartographie des risques ».

### 2.8.4 Cartographie des risques

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

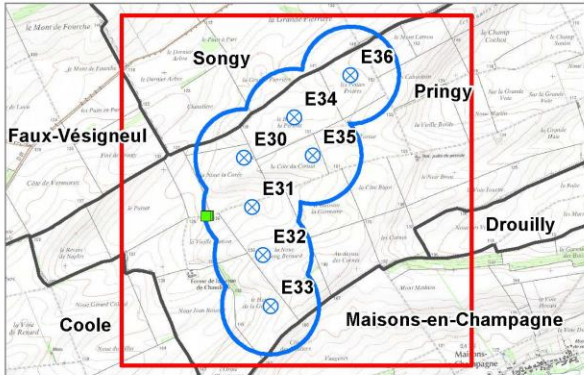
*Carte 5-Carte des risques– p.112*



Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

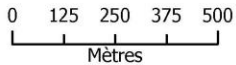
Carte des risques



- |  |                                         |                                        |                                |
|--|-----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
|  | Eolienne en projet                      | <b>Enjeux :</b>                        |                                |
|  | Poste de livraison                      | <b>Réseau routier et touristique :</b> |                                |
|  | Raccordement électrique inter-éoliennes |                                        | Route départementale           |
|  | Aire d'étude (500 m)                    |                                        | Chemin                         |
|  | Aire de survol (R = 66 m)               | <b>Réseau de transport d'énergie :</b> |                                |
|  | Fondation                               |                                        | Gazoduc                        |
|  | Plateforme                              |                                        | Ligne électrique haute tension |
|  | Chemin à créer                          | <b>Parc éolien :</b>                   |                                |
|  | Chemin à renforcer                      |                                        | Eolienne construite            |
|  | Limite communale                        | <b>Zone urbanisée :</b>                |                                |
|  |                                         |                                        | Hangar inhabité                |

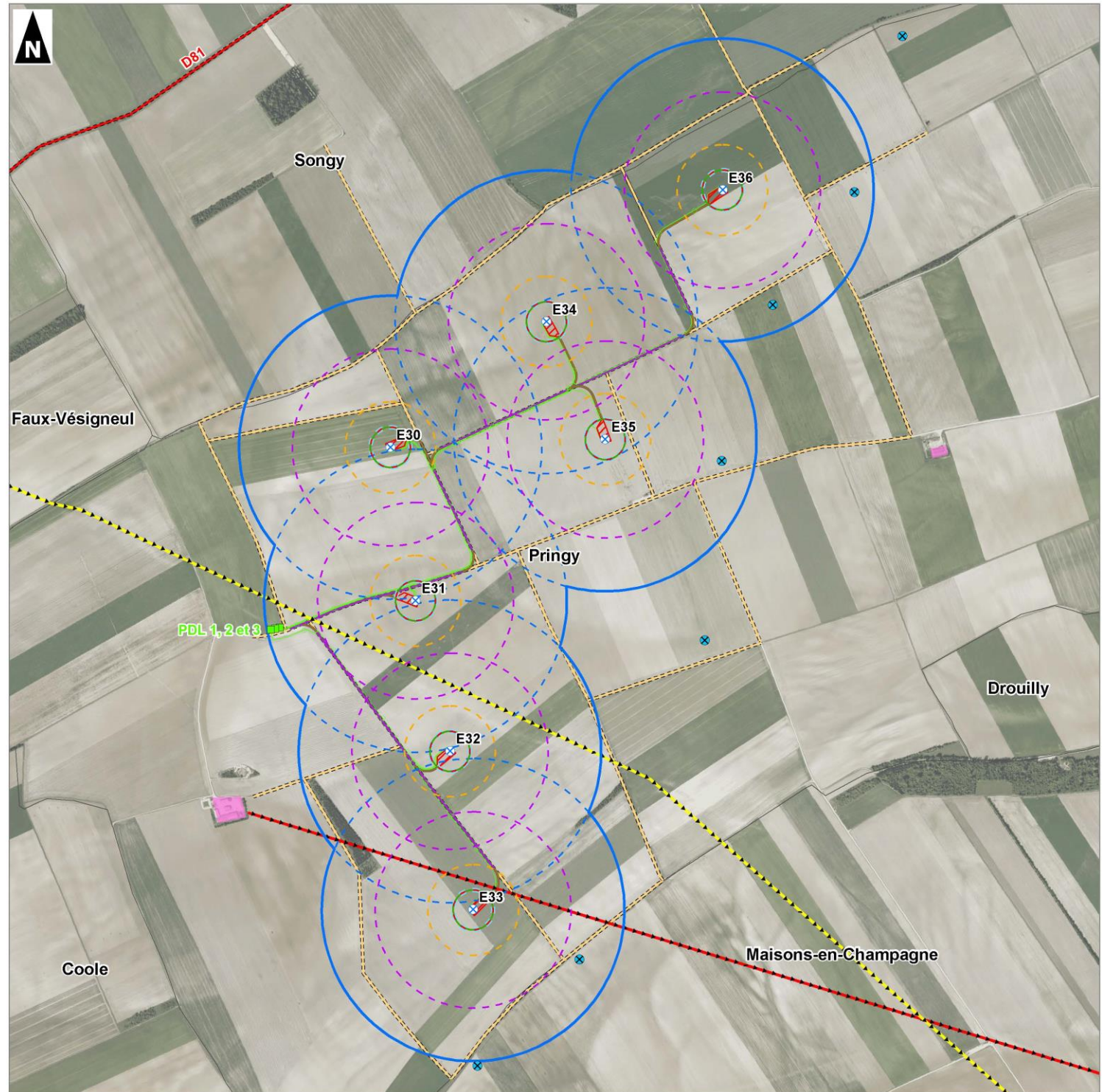
**Périmètres de zones d'effet des scénarii :**

- |  |                                       |  |                                                      |
|--|---------------------------------------|--|------------------------------------------------------|
|  | Chute d'éléments de l'éolienne (66 m) |  | Projection de glace (324 m)                          |
|  | Chute de glace (66 m)                 |  | Projection de pales ou de fragments de pales (500 m) |
|  | Effondrement de l'éolienne (150 m)    |  |                                                      |



**1:13 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

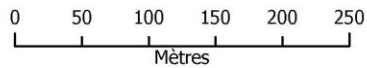
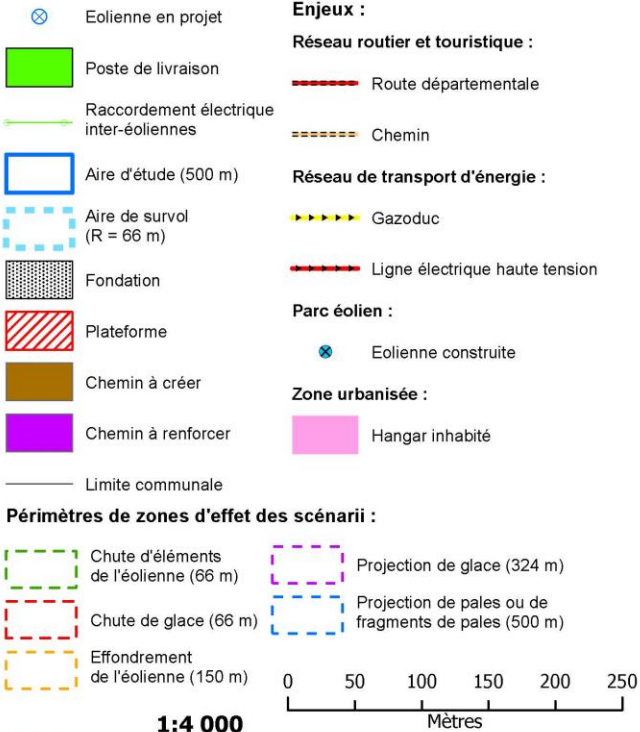
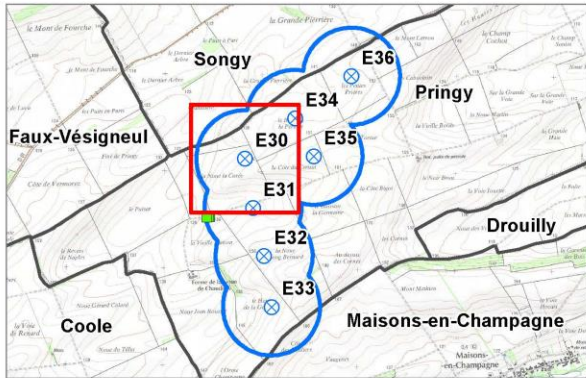




Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

**Carte des risques - Eolienne E30**



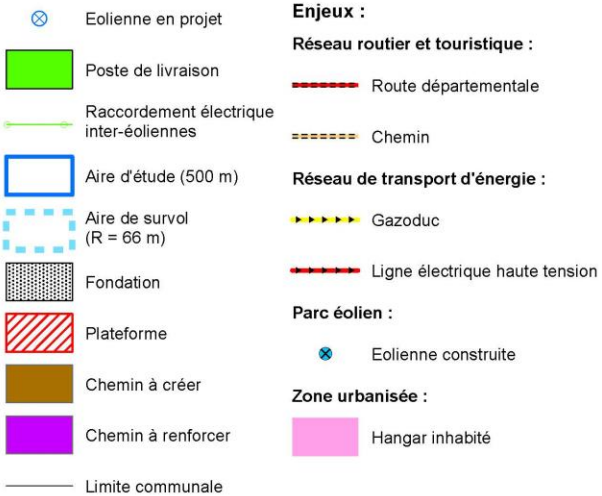
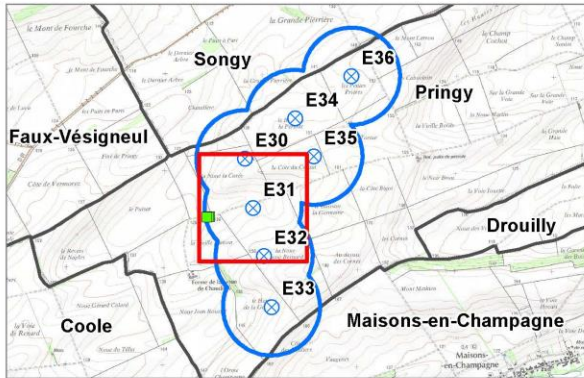
**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

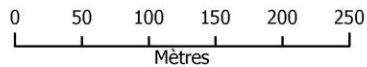
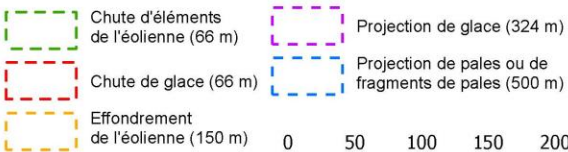




**Carte des risques - Eolienne E31**



**Périmètres de zones d'effet des scénarii :**



**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

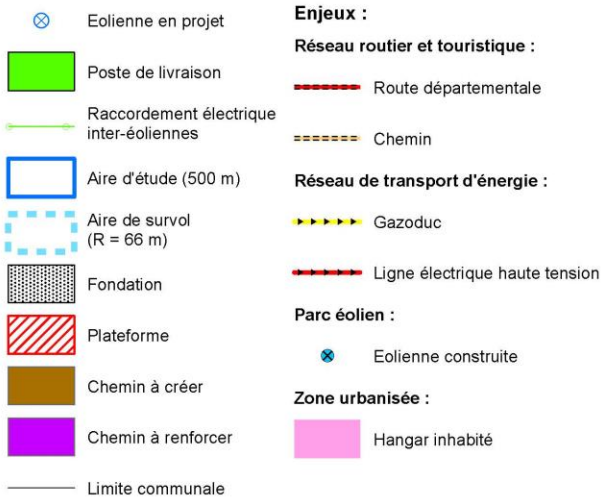
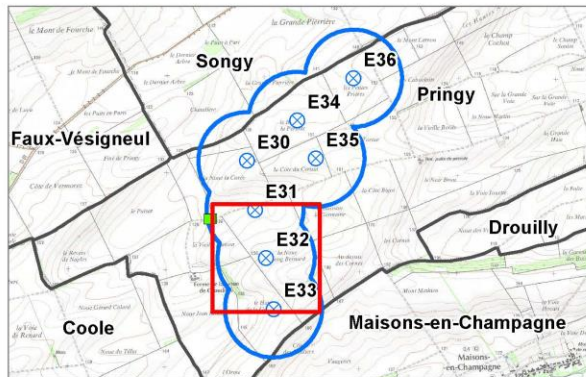




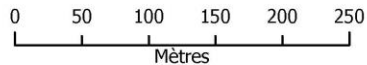
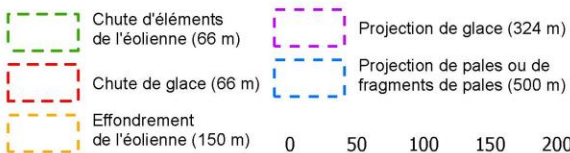
Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

**Carte des risques - Eolienne E32**

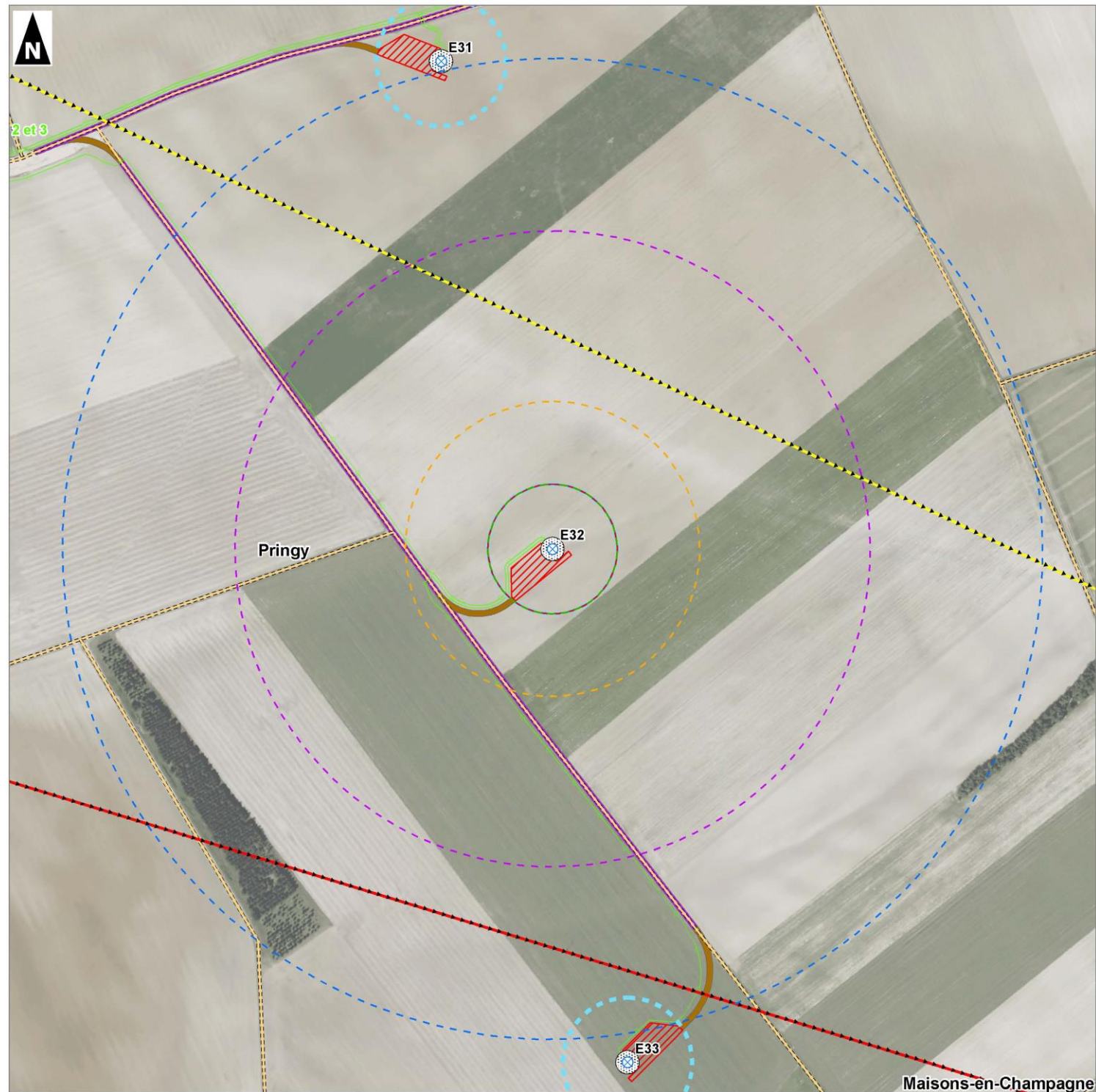


**Périmètres de zones d'effet des scénarii :**



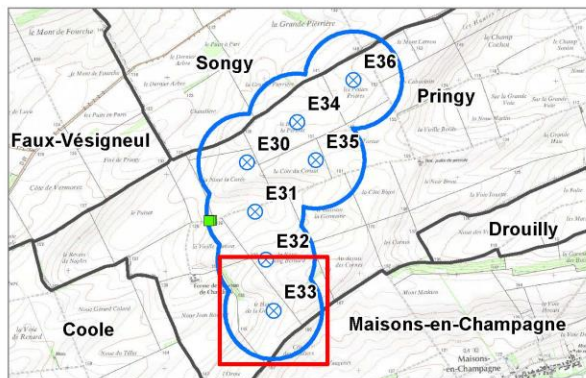
**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)





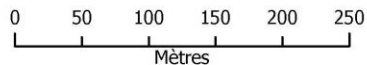
**Carte des risques - Eolienne E33**



- |  |                                         |                                        |                                |
|--|-----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
|  | Eolienne en projet                      | <b>Enjeux :</b>                        |                                |
|  | Poste de livraison                      | <b>Réseau routier et touristique :</b> |                                |
|  | Raccordement électrique inter-éoliennes |                                        | Route départementale           |
|  | Aire d'étude (500 m)                    |                                        | Chemin                         |
|  | Aire de survol (R = 66 m)               | <b>Réseau de transport d'énergie :</b> |                                |
|  | Fondation                               |                                        | Gazoduc                        |
|  | Plateforme                              |                                        | Ligne électrique haute tension |
|  | Chemin à créer                          | <b>Parc éolien :</b>                   |                                |
|  | Chemin à renforcer                      |                                        | Eolienne construite            |
|  | Limite communale                        | <b>Zone urbanisée :</b>                |                                |
|  |                                         |                                        | Hangar inhabité                |

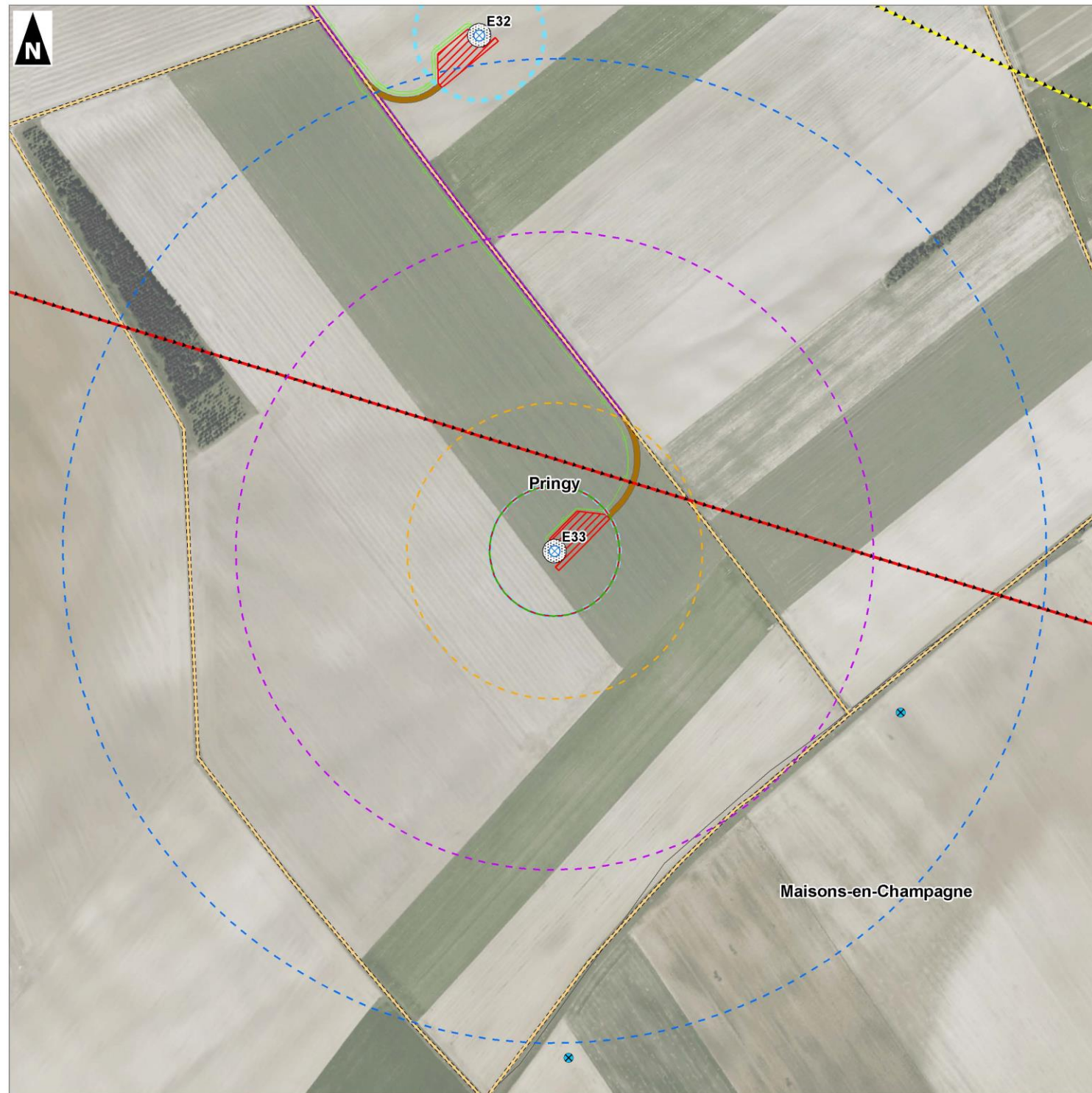
**Périmètres de zones d'effet des scénarii :**

- |  |                                       |  |                                                      |
|--|---------------------------------------|--|------------------------------------------------------|
|  | Chute d'éléments de l'éolienne (66 m) |  | Projection de glace (324 m)                          |
|  | Chute de glace (66 m)                 |  | Projection de pales ou de fragments de pales (500 m) |
|  | Effondrement de l'éolienne (150 m)    |  |                                                      |



**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

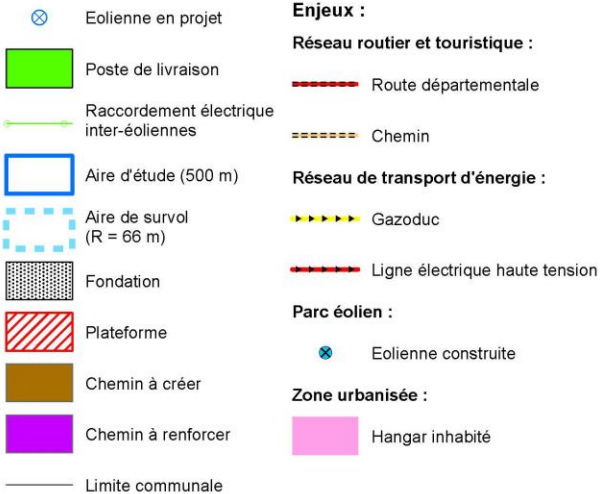
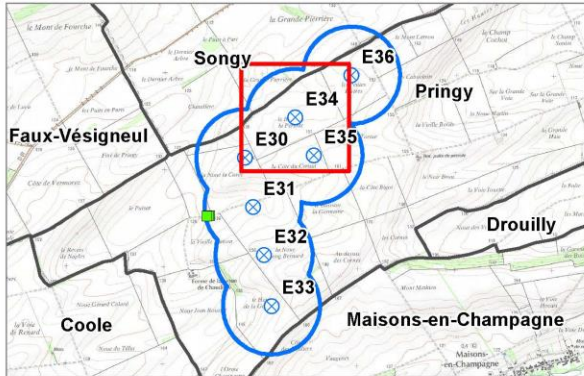




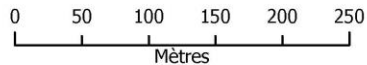
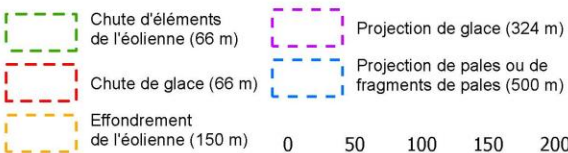
Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

Carte des risques - Eolienne E34



**Périmètres de zones d'effet des scénarii :**



**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

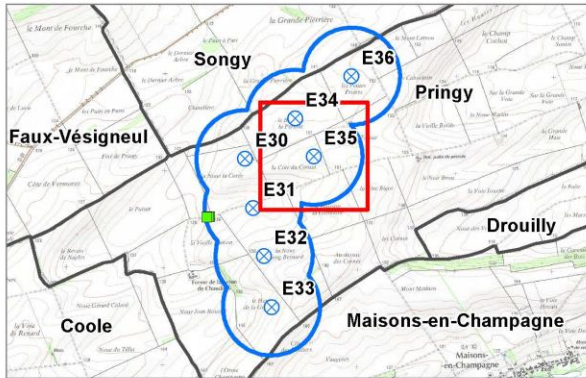




Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

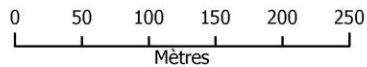
**Carte des risques - Eolienne E35**



- |  |                                         |                                        |                                |
|--|-----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
|  | Eolienne en projet                      | <b>Enjeux :</b>                        |                                |
|  | Poste de livraison                      | <b>Réseau routier et touristique :</b> |                                |
|  | Raccordement électrique inter-éoliennes |                                        | Route départementale           |
|  | Aire d'étude (500 m)                    |                                        | Chemin                         |
|  | Aire de survol (R = 66 m)               | <b>Réseau de transport d'énergie :</b> |                                |
|  | Fondation                               |                                        | Gazoduc                        |
|  | Plateforme                              |                                        | Ligne électrique haute tension |
|  | Chemin à créer                          | <b>Parc éolien :</b>                   |                                |
|  | Chemin à renforcer                      |                                        | Eolienne construite            |
|  | Limite communale                        | <b>Zone urbanisée :</b>                |                                |
|  |                                         |                                        | Hangar inhabité                |

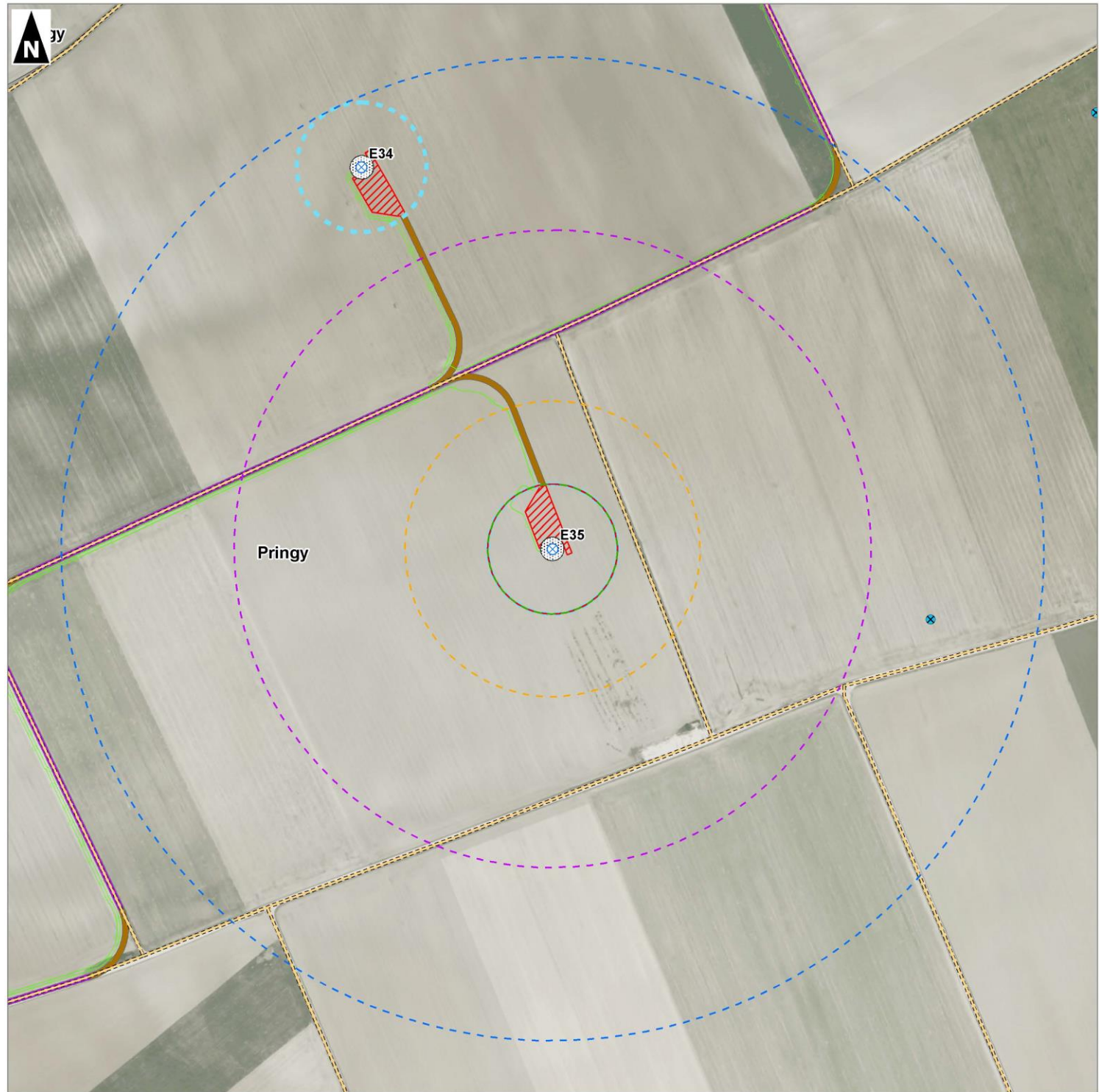
**Périmètres de zones d'effet des scénarii :**

- |  |                                       |  |                                                      |
|--|---------------------------------------|--|------------------------------------------------------|
|  | Chute d'éléments de l'éolienne (66 m) |  | Projection de glace (324 m)                          |
|  | Chute de glace (66 m)                 |  | Projection de pales ou de fragments de pales (500 m) |
|  | Effondrement de l'éolienne (150 m)    |  |                                                      |



**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

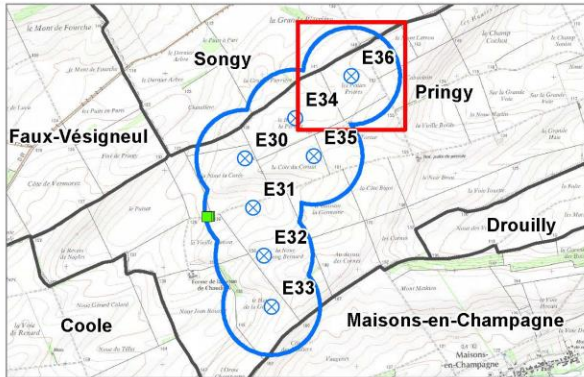




Projet de parc éolien  
Parc éolien de Quatre Vallées VII

Étude de dangers

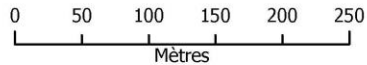
Carte des risques - Eolienne E36



- |  |                                         |                                        |                                |
|--|-----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
|  | Eolienne en projet                      | <b>Enjeux :</b>                        |                                |
|  | Poste de livraison                      | <b>Réseau routier et touristique :</b> |                                |
|  | Raccordement électrique inter-éoliennes |                                        | Route départementale           |
|  | Aire d'étude (500 m)                    |                                        | Chemin                         |
|  | Aire de survol (R = 66 m)               | <b>Réseau de transport d'énergie :</b> |                                |
|  | Fondation                               |                                        | Gazoduc                        |
|  | Plateforme                              |                                        | Ligne électrique haute tension |
|  | Chemin à créer                          | <b>Parc éolien :</b>                   |                                |
|  | Chemin à renforcer                      |                                        | Eolienne construite            |
|  | Limite communale                        | <b>Zone urbanisée :</b>                |                                |
|  |                                         |                                        | Hangar inhabité                |

**Périmètres de zones d'effet des scénarii :**

- |  |                                       |  |                                                      |
|--|---------------------------------------|--|------------------------------------------------------|
|  | Chute d'éléments de l'éolienne (66 m) |  | Projection de glace (324 m)                          |
|  | Chute de glace (66 m)                 |  | Projection de pales ou de fragments de pales (500 m) |
|  | Effondrement de l'éolienne (150 m)    |  |                                                      |



**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)



## 2.8.5 Synthèse de l'étude détaillée des risques

### 2.8.5.1 Tableaux de synthèse des scénarii 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>150 m</b>	Rapide	exposition forte	D (car éoliennes récentes) <sup>9</sup>	Sérieux pour toutes les éoliennes
S2	Chute de glace	Zone de survol Soit <b>66 m</b>	Rapide	exposition modérée	A	Modéré pour toutes les éoliennes
S3	Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol Soit <b>66 m</b>	Rapide	exposition forte	C	Sérieux pour toutes les éoliennes
S4	Projection	<b>500 m</b> autour de l'éolienne	Rapide	exposition modérée	D (car éoliennes récentes) <sup>10</sup>	Sérieux pour toutes les éoliennes
S5	Projection de glace	1,5 x (H + D) autour de l'éolienne Soit <b>324 m</b>	Rapide	exposition modérée	B	Modéré pour toutes les éoliennes

**Tableau 35.** Synthèse de la cotation des risques – étude détaillée

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

<sup>9</sup> Voir paragraphe 2.8.3.1

<sup>10</sup> Voir paragraphe 2.8.3.4

## 2.8.5.2 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	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	S1, S4	S3	Jaune	Rouge
Modéré	Vert	Vert	Vert	S5	S2

**Tableau 36.** 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	Vert	acceptable
Risque faible	Jaune	acceptable
Risque important	Rouge	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 ingenieurgesellschaft, 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 – Courrier ENEDIS, distance de recul à observer envers une ligne HTA

p. 4/6

### Gauthier, Jeremy (SGRE ON SE&A WFS FR)

**From:** CHASSARD Christophe <christophe.chassard@enedis.fr> on behalf of DRCHAMPAGNEARDEN-DT-DICT51 <drchampagnearden-dt-dict51@enedis-grdf.fr>  
**Sent:** vendredi 1 février 2019 14:07  
**To:** Gauthier, Jeremy (SGRE COG ON SE&A WFS FR)  
**Subject:** RE: Projet éolien de Pringy  
**Attachments:** SCHEMA DISTANCE EOLIENNE.PDF

Bonjour Mr GAUTHIER,

Veillez trouver ci-joint un schéma avec la distance à prendre en compte entre un réseau et une éolienne, pour Enedis.

Cordialement.

**ENEDIS** L'ELECTRICITE EN RESEAU

Christophe CHASSARD  
 Responsable Technique DT-DICT

Enedis - DRCAR  
 MARNE - AREX  
 2 Rue St Charles 51100 REIMS  
 0326049463  
[christophe.chassard@enedis.fr](mailto:christophe.chassard@enedis.fr)

Merci de penser à l'environnement avant d'imprimer ce message

**De :** JEREMY.GAUTHIER@siemensgamesa.com [mailto:JEREMY.GAUTHIER@siemensgamesa.com]  
**Envoyé :** lundi 21 janvier 2019 21:31  
**À :** DRCHAMPAGNEARDEN-DT-DICT51 <drchampagnearden-dt-dict51@enedis-grdf.fr>  
**Objet :** Projet éolien de Pringy

Bonjour M. Villers,

Comme convenu lors de notre conversation téléphonique de ce jour je vous envoie par la présente les plans relatifs au projet éolien de Pringy.

L'éolienne E33 serait placée à 92m de la ligne HTA alimentant la Ferme de La Noue de Chaudière (non habitée).

L'Etude de Danger réalisée par le bureau d'étude Auddicé Environnement pour le dépôt de la demande d'Autorisation Environnementale conclue qu'« après analyse détaillée des risques, selon la méthodologie du 10 mai 2010, il apparaît qu'aucun scénario étudié comme inacceptable »

L'étude est disponible au téléchargement via le lien suivant :

<https://we.tl/t-6DZ26VWhqN>

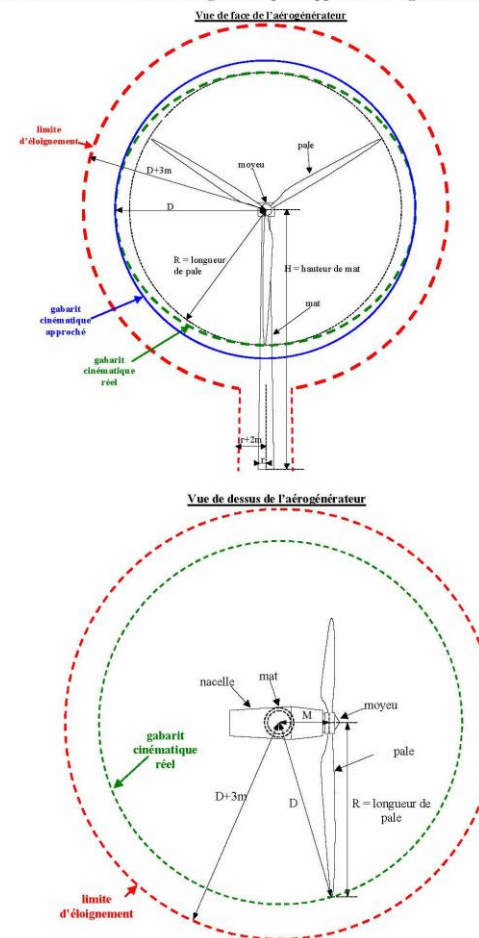
Je reste à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Cordialement

Jeremy GAUTHIER  
 Chef de Projets

1

Figure 1 : distance minimale d'éloignement par rapport à une ligne nue HTA



## Annexe 2 – Annexe au guide technique INERIS et compléments à l'accidentologie

---

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

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

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

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

### Terrains non bâtis

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

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

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

### Voies de circulation

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

#### Voies de circulation automobiles

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

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

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

### Voies ferroviaires

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

### Voies navigables

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

### Chemins et voies piétonnes

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

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

### Logements

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

### Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

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

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

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

### Zones d'activité

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

## ANNEXE B – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Néxian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du GGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du GGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du GGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du GGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 05/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du GGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 05/07/2004)	Incident identique à celui auparavant
Rupture de pale	2004	Escale- Conihac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales	Survitesse due à une maintenance en cours, et dysfonctionnement du système de freinage	Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-

5 / 18

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Chute de pale lors d'un incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetallade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectonnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-

6 / 18



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Emballlement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballlement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon marquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Ralval - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Boilène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)

7 / 18

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a pilié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballlement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-

8 / 18

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widèhem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-

9 / 18

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

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie VII.4. de la trame type de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

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

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

#### Scénario G01

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

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

- Système de détection de glace
- Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor
- Arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre.

① **Note** : Si les enjeux principaux seront principalement humains, il conviendra d'évoquer les enjeux matériels, avec la présence éventuelle d'éléments internes au parc éolien (poste de livraisons, sous-stations), ou extérieurs sous le surplomb de la machine.

#### Scénario G02

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

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

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

Les éventuels incendies interviendront dans le cas ou plusieurs conditions seraient réunies (Ex : Foudre + défaillance du système parafoudre = Incendie).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### **Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)**

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

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

#### **Scénario F01**

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

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

- Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance
- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- Procédure de gestion des situations d'urgence

Deux événements peuvent être aggravants :

- Ecoulement de ces produits le long des pales de l'éolienne, surtout si celle-ci est en fonctionnement. Les produits seront alors projetés aux alentours.
- Présence d'une forte pluie qui dispersera rapidement les produits dans le sol.

#### **Scénario F02**

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

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

- Kits anti-pollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence
- Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

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

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

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

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

Les événements principaux susceptibles de conduire à la rupture totale ou partielle de la pale sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Défaut de conception et de fabrication
- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance
- Causes externes dues à l'environnement : glace, tempête, foudre...

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

L'emballlement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballlement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios incendies).

#### **Scénario P01**

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

### Scénario P02

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

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

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

### Scénarios P03

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

### Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)

Les événements pouvant conduire à l'effondrement de l'éolienne sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Erreur de dimensionnement de la fondation : Contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;

Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant

- Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

## ANNEXE D – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

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

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

$P_{\text{ERC}}$  = 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

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

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

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

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

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

## ANNEXE 5 – GLOSSAIRE

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

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

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

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

**Efficacité (pour une mesure de maîtrise des risques) ou capacité de réalisation** : Capacité à remplir la mission/fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. En général, cette efficacité s'exprime en pourcentage d'accomplissement de la fonction définie. Ce pourcentage peut varier pendant la durée de sollicitation de la mesure de maîtrise des risques. Cette efficacité est évaluée par rapport aux principes de dimensionnement adapté et de résistance aux contraintes spécifiques.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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



sont effectivement exposées, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;

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

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

- Réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité
- Réduction de l'intensité :
  - par action sur l'élément porteur de danger (ou potentiel de danger), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des vitesses de rotation, etc.
  - réduction des dangers: la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**SER** : Syndicat des Energies Renouvelables

**FEE** : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

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

**EDD** : Etude de dangers

**APR** : Analyse Préliminaire des Risques

**ERP** : Etablissement Recevant du Public

**Compléments à l'accidentologie de parcs éoliens en France  
(mise à jour en août 2018)**

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Cause probable de l'accident	Source d'information
Rupture de pale	Avril 2012	Sigean	Aude	Foudre	Aria
Chute de pale	Mai 2012	Fresnay-L'Eveque	Eure-et-Loir	Corrosion	Aria
Effondrement	Mai 2012	Port la Nouvelle	Aude	Tempête	Aria
Rupture de pale	Novembre 2012	Vieillespesse	Cantal	/	Aria
Incendie	Novembre 2012	Sigean	Aude	Dysfonctionnement électrique	Aria
Chute de pale	Mars2013	Conilhac de la Montagne	Aude	Problème de fixation ?	Aria
Incendie	17 Mars2013	Euvy	Marne	Défaillance électrique	Aria
Rupture de pale	Juin 2013	Labastide sur Besorgues	Ardèche	Foudre	Aria
Maintenance	Juillet 2013	Cambon et Salvergues	Hérault	Défaut de conception d'un accumulateur	Aria
Maintenance	Août 2013	Moreac	Morbihan	Fuite d'une nacelle élévatrice (déversement d'huile hydraulique)	Aria
Incendie	9 Janvier 2014	Antheny	Ardennes	Incident électrique	Aria
Chute de pale	Novembre 2014	Saint Cirgues en Montagne	Ardèche	Tempête	Aria
Rupture de pale	Décembre 2014	Fitou	Aude	Défaillance matérielle	Aria
Incendie	Janvier 2015	Remigny	Aisne	Incident électrique (défaut d'isolation)	Aria
Incendie	Février 2015	Luserey	Deux-Sèvres	?	Aria
Rupture de pale	05 Avril 2015	Roquetaillade (extension)	Aude	?	Aria
Incendie	Août 2015	Santilly	Eure-et-Loir	?	Aria
Chute du rotor	10 Novembre 2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	Défaillance matérielle	Aria
Chute d'élément	07 Février 2016	Conilhac-Corbières	Aude	Défaillance matérielle	Aria

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Cause probable de l'accident	Source d'information
Projection de fragments de pale	08 Février 2016	Dinéault	Finistère	Tempête ?	Aria
Rupture de pale	05 Mars 2016	Calanhel	Côtes d'Armor	Défaillance matérielle	Aria
Fuite d'huile	28 Mai 2016	Janville	Eure-et-Loir	Défaillance d'un raccord	Aria
Incendie	10 Août 2016	Hescamps	Somme	Défaillance électrique	Aria
Incendie	18 Août 2016	Dargies	Oise	Défaillance électrique	Aria
Maintenance	14 septembre 2016	Les Grandes Chapelles	Aube	Inconnue	Aria
Projection de pale	12 Janvier 2017	Tuchan	Aude	Défaillance matérielle	Aria
Chute de pale et projection d'éléments	18 Janvier 2017	Nurlu	Somme	Tempête ?	Aria
Rupture de pale	27 Février 2017	Trayes	Deux Sèvres	Défaillance matérielle et intempérie	Aria
Rupture de pale	27 février 2017	Lavallée	Meuse	?	
Rupture de pale	28 Février 2017	Belrain	Meuse	Tempête	Aria
Incendie	06 Juin 2017	Allonnes	Eure-et-Loir	Défaillance technique	Aria
Rupture de pale	08 Juin 2017	Aussac Vadalle	Charente	Foudre	Aria
Chute de pale	24 Juin 2017	Conchy-sur-Canche	Pas-de-Calais	?	Aria
Chute d'élément	17 Juillet 2017	Fécamp	Seine-Maritime	Défaillance matérielle Conséquence : augmentation fréquence d'inspection	Aria
Fuite d'huile	24 Juillet 2017	Mauron	Morbihan	Rupture flexible	Aria
Chute de pale	05 Août 2017	Priez	Aisnes	?	Aria
Maintenance	26 Octobre 2017	Vaux-lès-Mouzon	Ardennes	Accident de travail	Aria
Chute d'élément	8 novembre 2017	Roman	Eure	Défaut d'assemblage des boulonnages	Aria
Effondrement éolienne	01 Janvier 2018	Bouin	Vendée	Défaillance matérielle, de pilotage et intempérie	Aria
Projection d'élément de pale	4 janvier 2018	Nixeville-Blercourt	Meuse	Episode venteux	Aria
Chute d'élément	6 février 2018	Conilhac-Corbières	Aude	Défaillance matérielle	Aria