

CAHIER N° 5a - Etude de dangers

PROJET EOLIEN ENERGIE DES PIDANCES, Commune de BANNES (51)

Dossier de Demande d'Autorisation Unique

Dossier consolidé suite à l'avis de la MRAe du 31 mars 2021

TABLE DES MATIERES

Chapitre 1. Etude de dangers	7		
1.1. Préambule	8		
1.1.1. Objectif de l'étude de dangers.....	8		
1.1.2. Contexte législatif et réglementaire	8		
1.1.3. Nomenclature des installations classées	9		
1.1.4. Document de référence, guide technique ineris/ser fee.....	9		
1.2. Informations générales concernant l'installation	9		
1.2.1. Renseignements administratifs.....	9		
1.2.2. Localisation du site	10		
1.2.3. Définition de l'aire d'étude.....	10		
1.3. Description de l'environnement de l'installation	12		
1.3.1. Environnement humain	12		
1.3.1.1. Zones urbanisées et urbanisables	12		
1.3.1.2. Etablissements recevant du public (ERP)	12		
1.3.1.3. Installations classées pour la protection de l'environnement (icpe) et installations nucléaires de base.....	12		
1.3.1.4. Autres activités	12		
1.3.2. Environnement naturel	12		
1.3.2.1. Contexte climatique	12		
1.3.2.2. Risques naturels	13		
1.3.3. Environnement matériel.....	14		
1.3.3.1. Voies de communication.....	14		
1.3.3.2. Réseaux publics et privés.....	14		
1.3.3.3. Autres ouvrages publics.....	14		
1.3.4. Cartographies de synthèse	14		
1.4. Description de l'installation	16		
1.4.1. Caractéristiques de l'installation	16		
1.4.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien	16		
1.4.1.2. Activité de l'installation.....	17		
1.4.1.3. Composition de l'installation	17		
1.4.2. Fonctionnement de l'installation	18		
1.4.2.1. Principe général du fonctionnement d'un aérogénérateur	18		
1.4.2.2. Sécurité de l'installation	19		
1.4.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation	21		
1.4.3.1. Raccordement électrique habituel d'un parc éolien	21		
1.4.3.2. Raccordement électrique du parc Energie des Pidances.....	21		
1.4.3.3. Autres réseaux	21		
1.5. Identification des potentiels de dangers de l'installation.....	22		
1.5.1. Potentiels de dangers liés aux produits	22		
1.5.1.1. Inventaire des produits	22		
1.5.1.2. Dangers des produits	23		
1.5.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	23		
1.5.3. Réduction des potentiels de dangers à la source	24		
1.5.3.1. Principales actions préventives.....	24		
1.5.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles	24		
1.6. Analyse des retours d'expérience.....	24		
1.6.1. Inventaire des accidents et incidents en France	24		
1.6.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international	25		
1.6.3. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience.....	26		
1.6.3.1. Analyse de l'évolution des accidents en France	26		
1.6.3.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	26		
1.6.4. Limites d'utilisation de l'accidentologie	27		
1.7. Analyse préliminaire des risques	27		
1.7.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques	27		
1.7.2. Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....	27		
1.7.3. Recensement des agressions externes potentielles	28		
1.7.3.1. Agressions externes liées aux activités humaines.....	28		
1.7.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels	28		
1.7.4. scénarii étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	28		
1.7.5. Effets dominos	30		
1.7.6. Mise en place des mesures de sécurité.....	31		
1.7.7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	34		
1.8. Etude détaillée des risques	35		
1.8.1. Rappel des définitions	35		
1.8.1.1. Cinétique	35		
1.8.1.2. Intensité	35		
1.8.1.3. Gravité	36		
1.8.1.4. Probabilité.....	36		
1.8.1.5. Acceptabilité	37		

1.8.2.	Caractérisation des scénarii retenus	38
1.8.2.1.	Effondrement de l'éolienne.....	38
1.8.2.2.	Chute de glace	40
1.8.2.3.	Chute d'éléments de l'éolienne	41
1.8.2.4.	Projection de pales ou de fragments de pales	43
1.8.2.5.	Projection de glace.....	45
1.8.3.	Synthèse de l'étude détaillée des risques	47
1.8.3.1.	Tableaux de synthèse des scénarii étudiés	47
1.8.3.2.	Synthèse de l'acceptabilité des risques	48
1.8.3.3.	Cartographies des risques	48
1.8.3.4.	Conclusion	58
Chapitre 2.	Informations complémentaires	59
2.1.	Réseaux électriques.....	60
2.2.	Raccordement externe au réseau HTA.....	61
2.3.	Respect des normes techniques	61
2.4.	Qualification du personnel	61
2.5.	Coupes-types de tranchées	62
2.6.	Schémas électriques unifilaires	63
Chapitre 3.	Bibliographie	65
Chapitre 4.	Annexes	67
Annexe 1 :	Guide Technique INERIS.....	68

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures

Figure 1.	Schéma simplifié d'un aérogénérateur	16
Figure 2.	Illustration des emprises au sol d'une éolienne	16
Figure 3.	Composants de la nacelle	18
Figure 4.	Raccordement électrique des installations.....	21
Figure 5.	Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées	26

Liste des tableaux

Tableau 1.	Rubrique des installations classées au titre des ICPE.....	9
Tableau 2.	Identité du demandeur	9
Tableau 3.	Arrêté de catastrophes naturelles « inondation et coulées de boue »	14
Tableau 4.	Modèle d'aérogénérateur.....	17
Tableau 5.	Coordonnées des aérogénérateurs et du poste de livraison	17
Tableau 6.	Synthèse du fonctionnement des éoliennes Nordex N117-R91 / 3600.....	19
Tableau 7.	Dangers potentiels d'une éolienne	23
Tableau 8.	Agressions externes liées aux activités humaines	28
Tableau 9.	Analyse générique des risques	30
Tableau 10.	Scénarii exclus de l'étude détaillée	34
Tableau 11.	Grille de cotation en intensité issue du guide technique	35
Tableau 12.	Grille de cotation en gravité de l'arrêté du 29 septembre 2005.....	36
Tableau 13.	Grille de cotation en probabilité de l'arrêté du 29 septembre 2005.....	37
Tableau 14.	Cotation des risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010	37
Tableau 15.	Scénario d'effondrement - calcul de l'intensité	38
Tableau 16.	Scénario d'effondrement - cotation de la gravité	38
Tableau 17.	Scénario d'effondrement - acceptabilité du risque.....	39
Tableau 18.	Scénario chute de glace - calcul de l'intensité	40
Tableau 19.	Scénario chute de glace - cotation de la gravité.....	40
Tableau 20.	Scénario chute de glace - acceptabilité du risque	41
Tableau 21.	Scénario chute d'éléments de l'éolienne - calcul de l'intensité.....	41
Tableau 22.	Scénario chute d'éléments de l'éolienne - cotation de la gravité.....	42
Tableau 23.	Scénario chute d'éléments de l'éolienne - acceptabilité du risque	42
Tableau 24.	Scénario projection de pales ou de fragments de pales - calcul de l'intensité.....	43
Tableau 25.	Scénario chute d'éléments de l'éolienne - cotation de la gravité.....	43
Tableau 26.	Scénario projection de pales ou de fragments de pales - acceptabilité du risque	44
Tableau 27.	Scénario projection de glace - calcul de l'intensité	45
Tableau 28.	Scénario projection de glace - cotation de la gravité	45
Tableau 29.	Scénario projection de glace - acceptabilité du risque	46
Tableau 30.	Synthèse de la cotation des risques - étude détaillée.....	47
Tableau 31.	Cotation des risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010	48

Chapitre 1. ETUDE DE DANGERS

1.1. PREAMBULE

1.1.1. OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS

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

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du parc éolien Energie des Pidances. 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 qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

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

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

1.1.2. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

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 scénarios 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 scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarios sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels. Elle justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est 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 scénarios en terme de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection ;
- représentation cartographique ;
- résumé non technique de l'étude des dangers.

De même, la circulaire du 10 mai 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 le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

1.1.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

Un parc éolien est classé au titre de la loi relative aux installations classées pour la protection de l'environnement¹. Le décret n° 2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des installations classées inscrit les éoliennes terrestres au régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) par la rubrique suivante :

Rubrique	Libellé de l'installation	Classement	Rayon d'affichage
2980	<p>Installation terrestre de production à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :</p> <p>1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : autorisation</p> <p>2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée :</p> <p>a) supérieure ou égale à 20 MW : Autorisation b) inférieure à 20 MW : Déclaration</p>	A : Autorisation	6 km

Tableau 1. Rubrique des installations classées au titre des ICPE

Le parc éolien Energie des Pidances est soumis à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement (Cf analyse effectuée dans le dossier administratif et technique).

1.1.4. DOCUMENT DE REFERENCE, 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.

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

1.2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

1.2.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

La société **Energie des Pidances** est une filiale de la société NOUVERGIES. C'est au nom de cette société de projet qu'est faite la demande d'autorisation au titre des installations classées pour la protection de l'environnement ainsi que toutes les autres autorisations administratives ou réglementaires.



Energie des Pidances, société de projet est une Société par Actions Simplifiée au capital de 5 000€.

Elle a pour objet de promouvoir, concevoir, développer, financer, construire et exploiter des installations de production d'énergies

renouvelables dans le cadre du développement durable du secteur la commune de Bannes dans le département de la Marne.

Pour remplir cette mission, **Energie des Pidances** bénéficie de l'expérience et des moyens mis à sa disposition par la société Nouvergies.

Société par Actions Simplifiée (SAS)	Energie des Pidances
Capital	5 000€
Date de création	08/12/2016
Siège social	1-5 rue Jean Monnet 94120 94130 NOGENT SUR MARNE
Nom, prénom et qualité des mandataires	Président, NOUVERGIES
Nationalité du mandataire	Française

Tableau 2. Identité du demandeur

Etude de Dangers réalisée en 2016 par le bureau d'études AIRELE : Fanette DUPLOUY (Ingénieur environnement) et Sylvain DEBORDE (Cartographe SIG).

AIRELE EST

6 Place Sainte Croix

51000 Châlons-en-Champagne

Tel : 03 26 64 05 01

Etude de Dangers complétée en décembre 2018 et Septembre 2021 par le bureau d'études AUDDICE (anciennement AIRELE) : Aurélie COFFRAND (Ingénieur environnement) et Sylvain DEBORDE (Cartographe SIG).

AUDDICE GRAND EST

6 Place Sainte Croix

51000 Châlons-en-Champagne

Tel : 03 26 64 05 01

1.2.2. LOCALISATION DU SITE

Le parc éolien Energie des Pidances est composé de 8 aérogénérateurs et d'un poste de livraison double, est localisé sur la commune de Bannes, dans le département de la Marne, en région Grand-Est.

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



Carte de situation avec aire d'étude page suivante

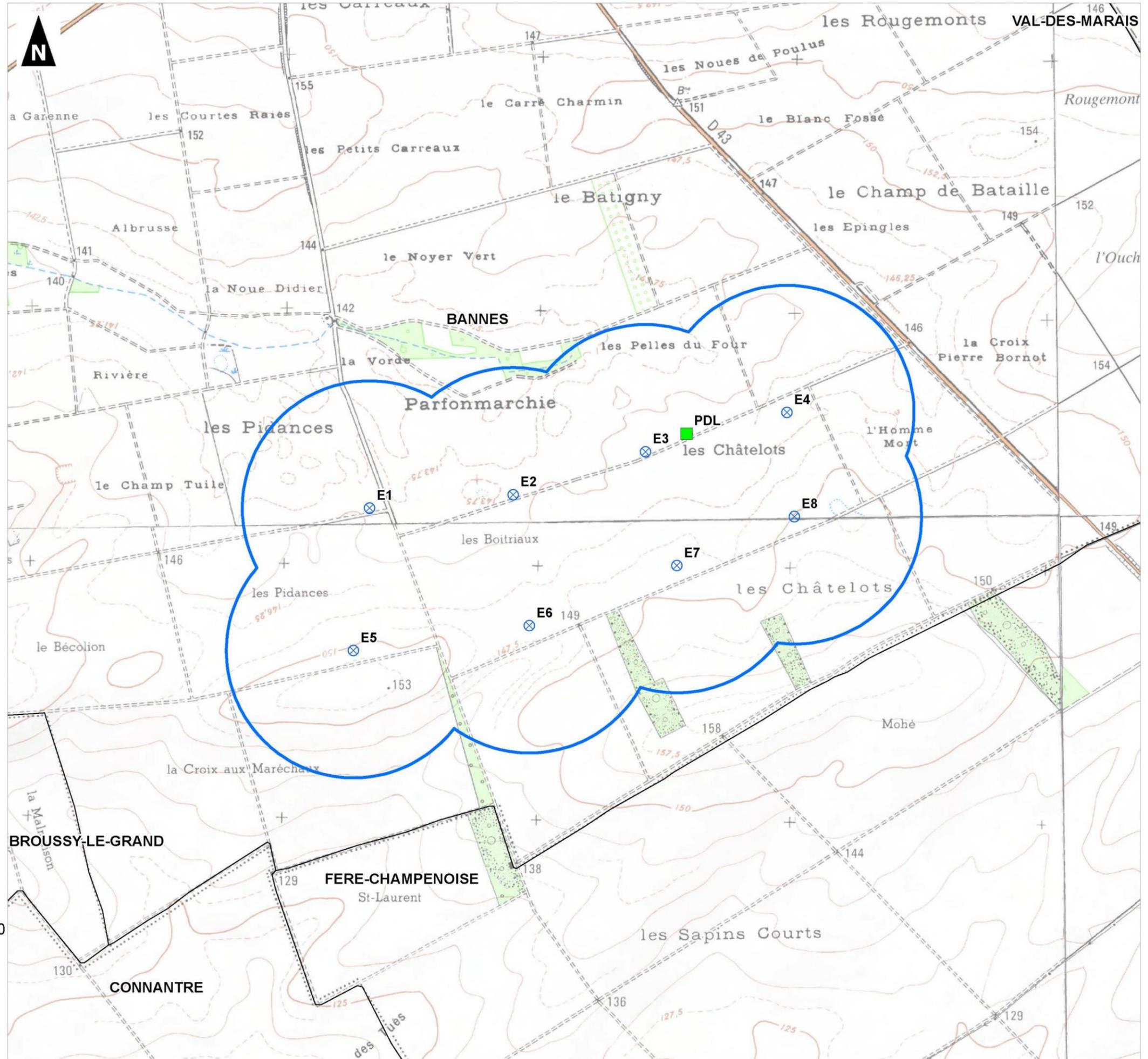
1.2.3. DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

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.

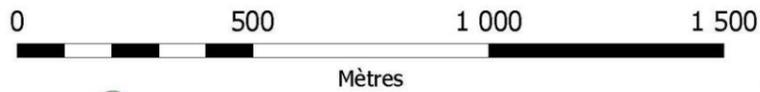
Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection.

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 la commune de Bannes.



-  Eolienne
-  Poste de livraison
-  Périmètre de 500 m
-  Limite communale
-  Limite départementale



1.3. 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).

1.3.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

1.3.1.1. ZONES URBANISEES ET URBANISABLES

La description du milieu humain à proximité (communes, nombre d'habitants, etc.) est réalisée dans l'état initial de l'étude d'impact.

Le périmètre de 500 mètres autour du projet concerne la commune de Bannes. Cette commune ne dispose pas de document d'urbanisme et est donc soumise au RNU (Règlement National d'Urbanisme).

L'analyse de la conformité du projet avec le document d'urbanisme a été réalisée dans l'étude d'impact.



Cf. **Cahier 4a** – Etude d'impact

Les éoliennes se situent en zone agricole. Les hameaux les plus proches du parc sont les suivants :

- Ferme les Chatelos, sur la commune de Fère-Champenoise, au sud-est du secteur d'étude, à 1 880 m de E8, éolienne la plus proche ;
- Ferme Nozet, sur la commune de Connantre au sud-ouest du secteur d'étude, à 2 140 m de E5, éolienne la plus proche ;
- Le village de Broussy-le-Grand, à l'ouest du secteur d'étude, à 2 720 m de E1, éolienne la plus proche ;
- **Le village de Bannes, au nord du secteur d'étude, à 2 080 m de E3, éolienne la plus proche ;**
- Le Village de Fère-Champenoise, au sud-est du secteur d'étude, à 3 500 m de E8, éolienne la plus proche.

Le parc éolien se situe sur des terres agricoles en zone rurale. Les habitations les plus proches se situent dans des hameaux dispersés. Les mâts d'éoliennes sont situés à au moins 1800 m de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité, ainsi que de toute zone constructible.

La commune de Bannes compte 289 habitants, la commune Fère-Champenoise en compte 2 258, la commune de Broussy-le-Grand en compte 314 et enfin la commune de Connantre en compte 1 089 habitants.

Conformément à l'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011, l'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs soit situés à une distance minimale de 500 m de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur.

1.3.1.2. ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

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

1.3.1.3. INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLEAIRES DE BASE

Aucun établissement SEVESO ni aucun périmètre d'effet, aucune installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) ne se situe dans le périmètre de 500 m autour des éoliennes.

1.3.1.4. AUTRES ACTIVITES

Le périmètre d'étude est occupé par une activité agricole. Aucune autre activité (industrielle, commerciale ou de loisirs) n'est présente dans l'aire d'étude de 500 m.

Les bois localisés autour du projet sont des parcelles qui ne sont pas aménagées pour l'accueil du public. On retiendra toutefois l'hypothèse de quelques promeneurs occasionnels.

1.3.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

Les paragraphes ci-dessous sont étudiés dans l'état initial de l'étude d'impact. Nous en reprenons les principales conclusions.

1.3.2.1. 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 quantité de pluie moyenne annuelle varie de 500 mm dans la plaine de Reims à Chalons- en-Champagne, à près de 1000 mm sur la Montagne de Reims et la façade Est du département.

Le caractère bref et intense des épisodes pluvieux estivaux apparaît nettement si l'on rapporte la hauteur des pluies à leur durée (à Reims : 49 mm en 40 heures en moyenne au mois d'Août, 44 mm en 108 heures au mois de Janvier).

La température moyenne annuelle est voisine de 10°C sur l'ensemble du département.

En hiver, le nombre moyen de jours avec une température inférieure à 0°C est de 60.

L'été est relativement contrasté avec une moyenne de 43 jours où la température dépasse 25°C sous abri.

L'étude climatique du secteur a été faite sur la base des données fournies par les services de Météo France.

La station météorologique de Fagnières (51) qui est retenue pour élaborer le diagramme ombrothermique représentatif du département est située à quelques dizaines de kilomètres de la zone d'étude. La station climatologique se situe à 102 m d'altitude et les propriétés climatiques sont représentatives de la zone d'étude.

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

1.3.2.2. RISQUES NATURELS

■ RISQUE SISMIQUE

Le zonage sismique de la France, basé sur un découpage communal, a été modifié par le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010. Ces dispositions sont codifiées aux articles R.563-1 à D.568-8-1 du Code de l'environnement.

Ainsi, la France est divisée en 5 zones de de sismicité : 1 (très faible), 2 (faible), 3 (modéré), 4 (moyenne) et 5 (forte).

En vertu de l'article D.563-8-1 du code de l'environnement, la commune du projet éolien de Energie des Pidances, est classée en zone de sismicité 1 – très faible : pas de prescription parasismique particulière.

■ RISQUE DE MOUVEMENT DE TERRAIN

> Aléa « Mouvement de terrain »

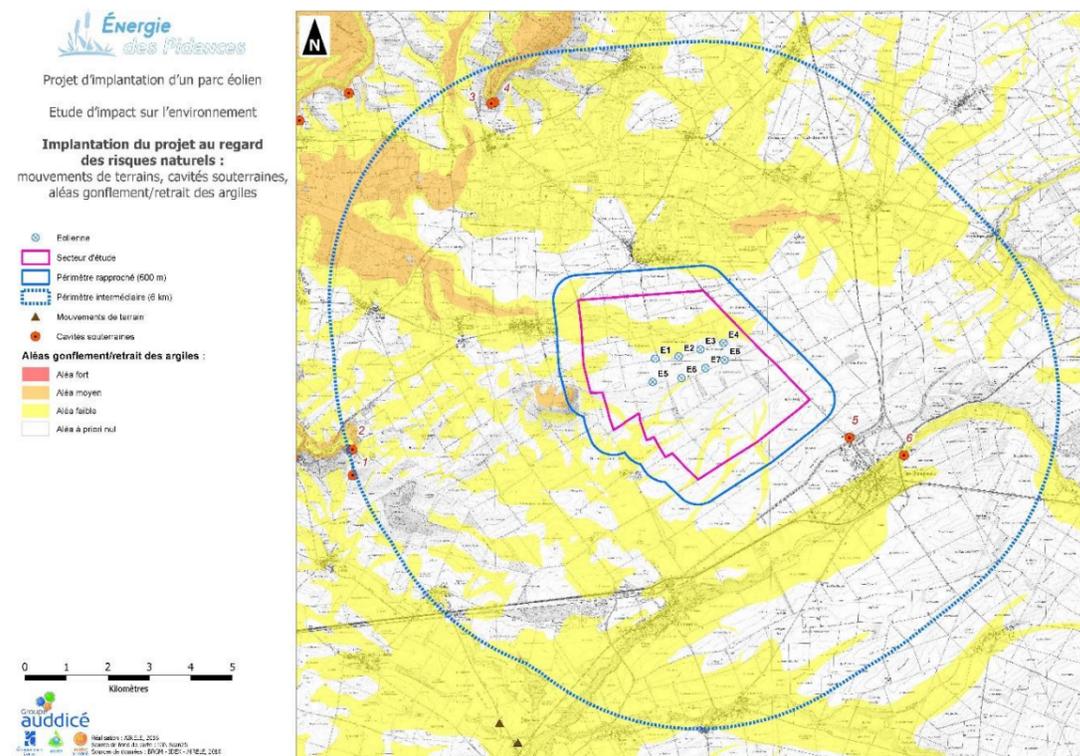
La base de données nationale des mouvements de terrain en France métropolitaine 2 ne recense aucun mouvement de terrain dans le secteur d'étude.

> Cavités

D'après les données relatives aux cavités souterraines fournies par la base de données nationale, aucune cavité n'est recensée dans le secteur d'étude. En tout état de cause, les essais géotechniques viendront confirmer l'absence de risque dans le cadre du dimensionnement des fondations.

> Aléa « Retrait-gonflement des argiles »

D'après la base de données nationale des risques naturels en France métropolitaine, les terrains concernés par le projet se trouvent en aléa nul concernant le risque « Retrait-gonflement des argiles ».



■ RISQUE Foudre

La densité de foudroiement dans le département de la Marne est de 0,8 coup / km² / an (moyenne nationale : 1,2). La densité de foudroiement est donc faible sur le territoire. Cependant la hauteur des machines (pale + mât) ainsi que leur implantation dans des zones dégagées augmentent considérablement le risque de foudroiement.

■ RISQUE FEU DE FORET

Selon le site « prim.net », Bannes n'est pas recensée comme étant soumise au risque « Feux de forêts ».

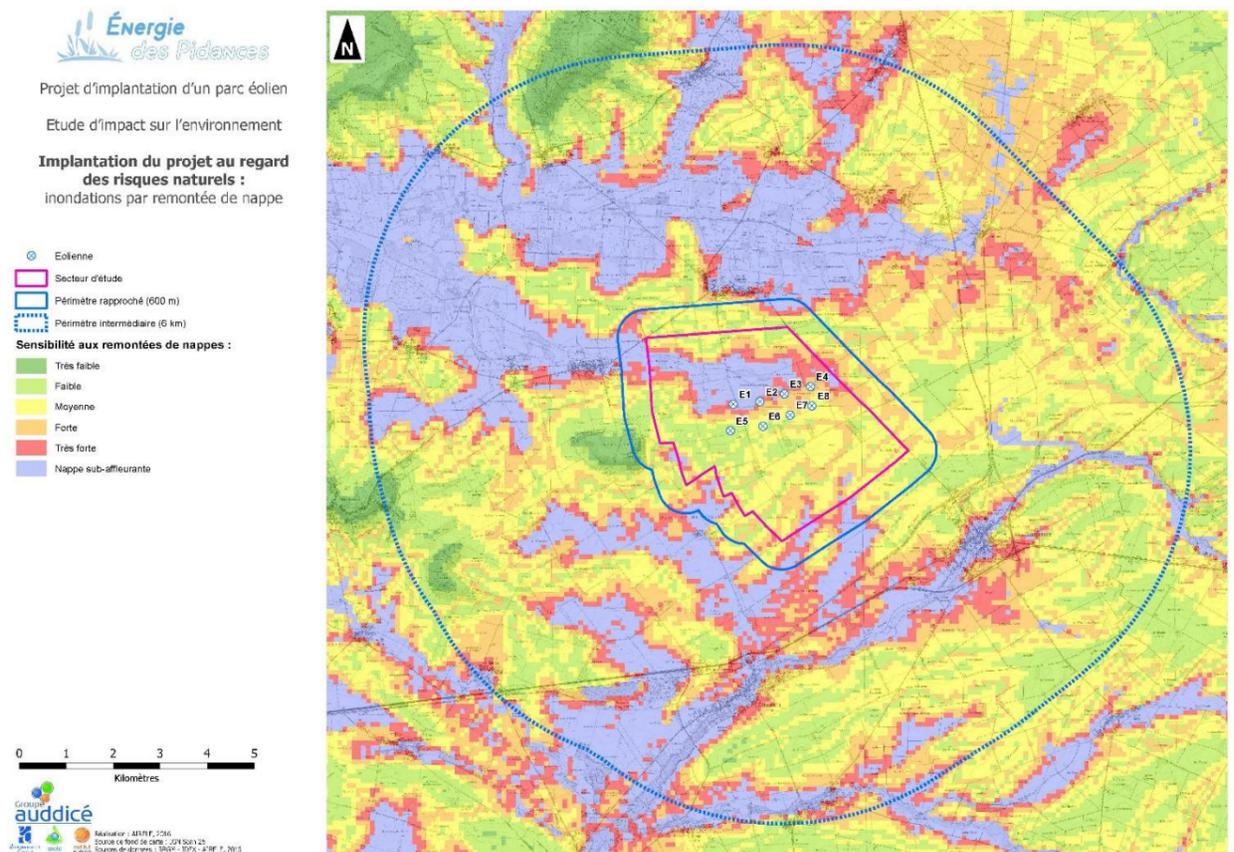
■ RISQUE DE RUPTURE DE BARRAGE

Selon le site « prim.net », la commune de Bannes n'est pas recensée comme étant soumise au risque « rupture de barrage ». Cette information est corroborée par le DDRM de la Marne.

■ RISQUE INONDATION

Le secteur d'étude présente une sensibilité forte au risque « inondation par remontée de nappe » sur la majorité du secteur d'étude.

La sensibilité au risque de remontées de nappes est donc considérée comme forte.



■ RISQUE DE TEMPETE

Selon le site « prim.net », Bannes n'est pas recensée comme étant soumise au risque « Tempête ».

■ ARRETES DE RECONNAISSANCE DE CATASTROPHE NATURELLE

Sur la base de données « prim.net »² disponible en ligne, un évènement ayant fait l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle sur la commune de Bannes pour l'aléa « Inondations – coulées de boue » a été recensé.

Communes concernées	Évènements recensés	Début de l'évènement	Fin de l'évènement
BANNES	Inondations, coulées de boue et mouvement de terrain	25/12/1999	29/12/1999

Tableau 3. Arrêté de catastrophes naturelles « inondation et coulées de boue »

(Source : Site Internet « www.prim.net », Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD))

1.3.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL

1.3.3.1. VOIES DE COMMUNICATION

■ TRANSPORT ROUTIER

Plusieurs voies communales (VC) et chemins agricoles empruntent le périmètre. Aucune donnée n'est disponible concernant le trafic sur ces axes, mais l'hypothèse retenue, compte-tenu de la nature des infrastructures, est celle d'une fréquentation inférieure à 2 000 véhicules/jour.

Le périmètre d'étude est donc traversé par aucune voie structurante, au sens où la fréquentation des autres routes est inférieure à 2 000 véhicules/jour.

Tous les axes apparaissent sur les cartes d'enjeux et de risques présentées en §1.8.3.3 Cartographies des risques.

■ TRANSPORT FERROVIAIRE

Aucune voie ferrée n'est recensée à proximité immédiate du projet.

■ TRANSPORT FLUVIAL

Aucune voie navigable n'est recensée à proximité immédiate du projet.

■ TRANSPORT AERIEN

Le projet respecte l'ensemble des servitudes aéronautiques de l'aviation civile et de l'aviation militaire.

■ RANDONNEES PEDESTRES

Aucun chemin de randonnée GR ne traverse le parc éolien.



Cf. Cahier 4a – Etude d'impact

1.3.3.2. RESEAUX PUBLICS ET PRIVES

On recense un oléoduc à une distance supérieure à 600 m autour des éoliennes, au sud des éoliennes E6 à E8.

La distance de recul réglementaire vis-à-vis de cet ouvrage est de 600 m. Le projet respecte la distance maximale de 600 m et ne nécessite donc pas de réaliser une étude de risque par l'exploitant de ce réseau.

1.3.3.3. AUTRES OUVRAGES PUBLICS

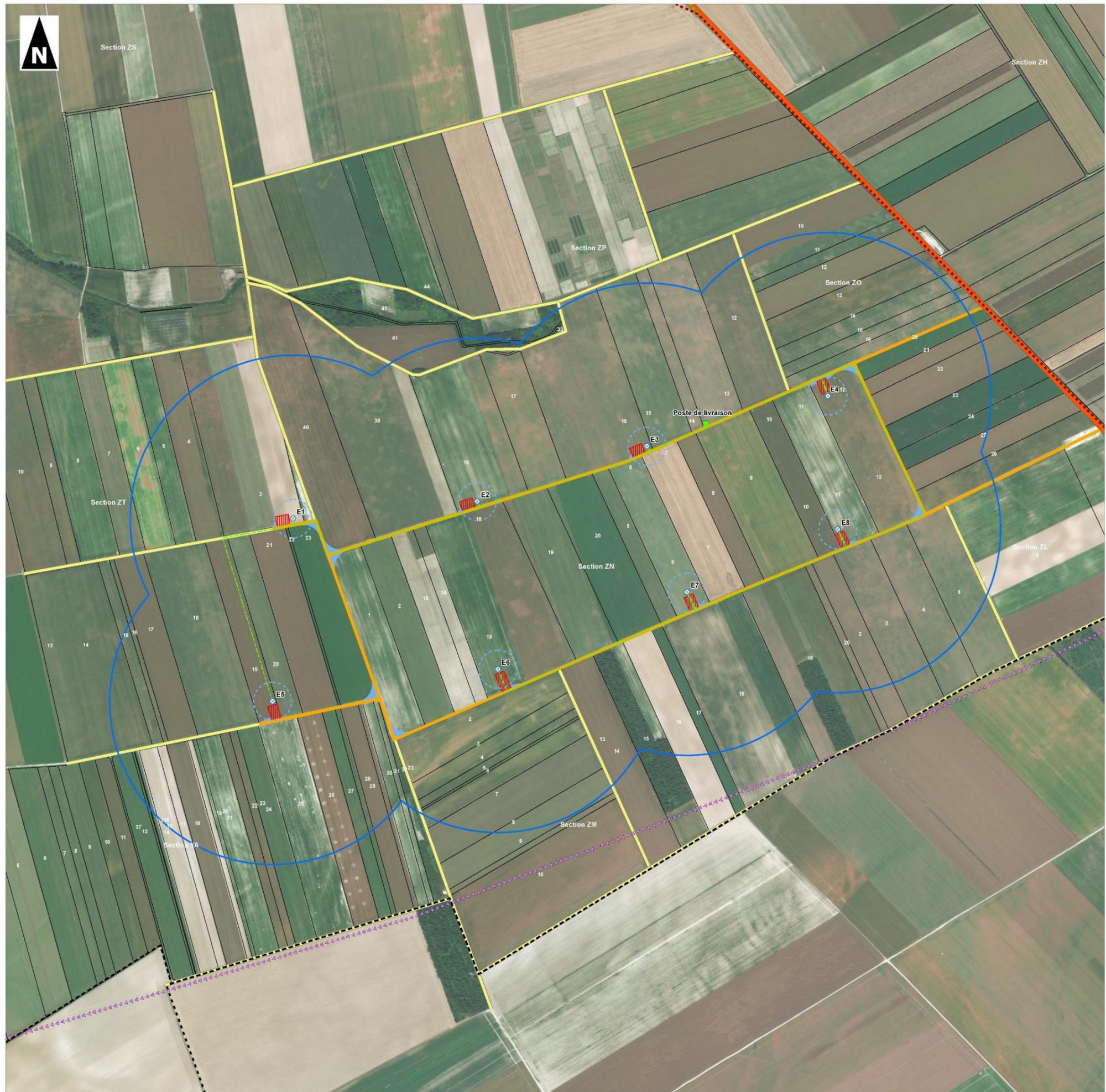
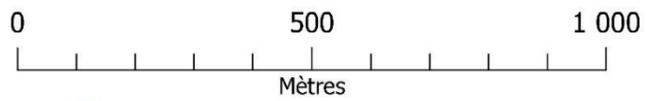
Aucun autre réseau n'est connu dans ce secteur (hors drainages agricoles possibles).

1.3.4. CARTOGRAPHIES DE SYNTHESE

Les différents enjeux identifiés précédemment apparaissent sur la carte des enjeux ci-après.

² Prim.net favorise la mise à disposition, le partage et l'actualisation d'informations relatives aux risques naturels et technologiques pour renforcer notre résilience individuelle et collective. Une initiative de la Direction générale de la prévention des risques / Ministère du Développement Durable en partenariat avec Réseau Idéal, Sciences Frontières Production et l'Institut français des formateurs risques majeurs éducation.

- ⊙ Eolienne
 - ▭ Aire d'étude (500 m)
 - ▭ Aire de survol des pales (58,5 m)
 - Poste de livraison
 - Cablage inter-éoliennes
 - ▨ Plateforme de grutage
 - ▬ Chemin d'accès
 - ▭ Virage à créer
 - Limite de parcelle
 - - - Limite communale
- Enjeux :**
- Axes de circulation**
- ▬ Route départementale
 - ▬ Chemin
- Réseaux**
- - - Réseau ERDF
 - Réseau Orange
 - ▶▶▶▶▶ Oléoduc



1.4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

1.4.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

1.4.1.1. CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

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

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

■ ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN AEROGENERATEUR

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.
- **La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - o le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - o le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
 - o le système de freinage mécanique ;
 - o le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
 - o les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
 - o le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique

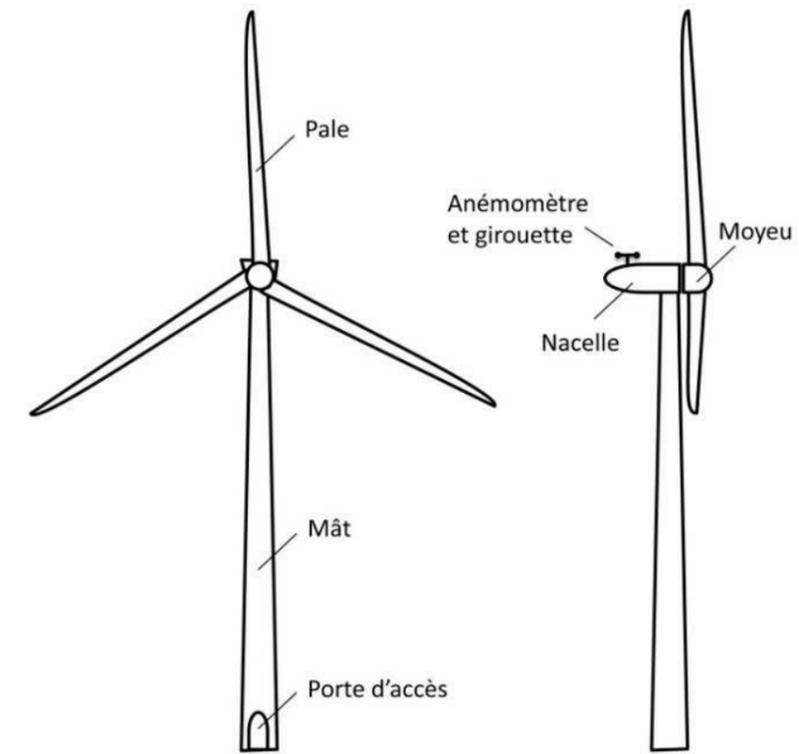


Figure 1. Schéma simplifié d'un aérogénérateur

■ 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.

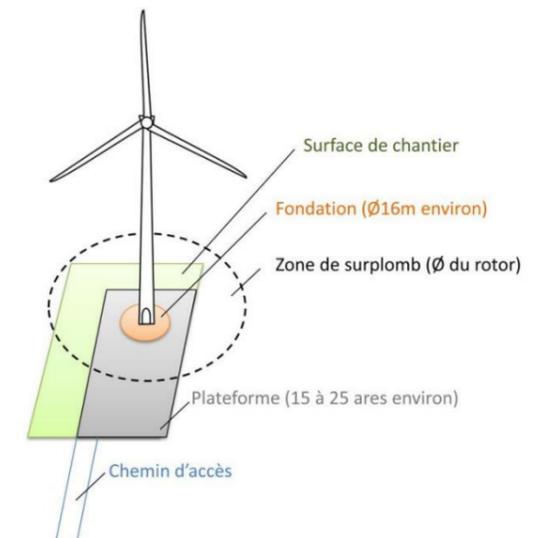


Figure 2. Illustration des emprises au sol d'une éolienne

■ CHEMINS D'ACCES

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

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

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

1.4.1.2. ACTIVITE DE L'INSTALLATION

L'activité principale du projet éolien de Energie des Pidances est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent. Conformément au § 1.1.3. Nomenclature des installations classées, cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

1.4.1.3. COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le projet éolien de Energie des Pidances est composé de huit aérogénérateurs et d'un poste de livraison double.

Le type d'aérogénérateur retenu pour le projet est une machine Nordex N117-R91 / 3600 dont les caractéristiques sont les suivantes :

Eolienne	N117-R91 / 3600
Puissance nominale	3 600kW
Diamètre du rotor	116,8 m
Longueur d'une pale	57,3 m
Largeur maximale d'une pale (Corde)	2,4 m
Vitesse de rotation	7,5 à 13,2 tours par min
Hauteur de moyeu	91 m
Diamètre maximum à la base	4,3 m
Hauteur en bout de pale	149,4 m

Tableau 4. Modèle d'aérogénérateur

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

Nom de l'installation	Lambert I		WGS84		Altitude du terrain naturel (m NGF)
	X	Y	E	N	
E1	716333.522	121217.463	48046'49.75"	3055'10.58"	144,7
E2	716898.688	121275.104	48046'51.23"	3055'38.32"	144,3
E3	717417.781	121449.083	48046'56.51"	3056'03.93"	146,1
E4	717972.632	121608.231	48047'01.28"	3056'31.27"	146,9
E5	716275.834	120657.625	48046'31.67"	3055'07.18"	150,8
E6	716966.851	120762.046	48046'34.58"	3055'41.13"	147,5
E7	717545.262	121003.854	48046'42.01"	3056'09.71"	149,2
E8	718006.237	121200.122	48046'48.05"	3056'32.49"	150,2
PDL1	717655	2421697	48046'58,5"	3056'12,5"	145
PDL2	717661	2421700	48046'58,7"	3056'12,8"	145

Tableau 5. Coordonnées des aérogénérateurs et du poste de livraison

Les différents aérogénérateurs, le poste de livraison, les plateformes, les chemins d'accès et les réseaux enterrés sont représentés sur les plans réglementaires.

Cf. Dossier 7- Cartes et plans réglementaires

1.4.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

1.4.2.1. PRINCIPE GENERAL DU FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 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 pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

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

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

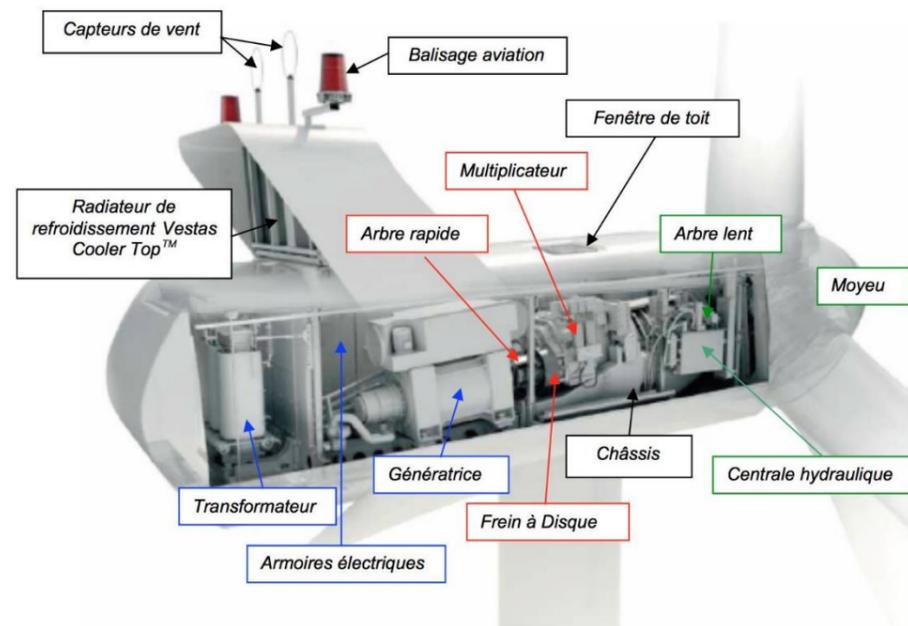


Figure 3. Composants de la nacelle

Eolienne Nordex N117-R91 / 3600			
Conditions climatiques	Température ambiante de survie	-20 °C à +50 °C	
	Puissance nominale	-10 °C à +40 °C	
	Arrêter	-10 °C, redémarrage à -8 °C	
	Certificat	Classe 3 selon IEC 61400-1	
Conception technique	Puissance nominale	3600 kW	
	Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle	
	Diamètre du rotor	116,8 m	
	Hauteur du moyeu	91 m	
Rotor	Concept de l'installation	Boîte de vitesse, vitesse de rotation variable	
	Plage de vitesse de rotation du rotor	7,5 à 13,2 tours par min	
	Type	Orientation active des pales face au vent	
	Sens de rotation	Sens horaire	
<i>Capte l'énergie mécanique du vent et la transmette à la génératrice</i>	Nombre de pales	3	
	Surface balayée	10 715 m ²	
	Contrôle de vitesse	Variable via microprocesseur	
	Contrôle de survitesse	Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale	
Nacelle	Matériau des pales	Plastique renforcé à la fibre de verre (GFK), protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-24 (Juin 2010)	
	Arbre de rotor	Entraîné par les pales	
	<i>Transmet le mouvement de rotation des pales</i>		
	Multiplicateur	Engrenage planétaire à plusieurs étages + étage à roue dentée droite ou entraînement différentiel	
<i>Supporte le rotor et abrite le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité</i>	<i>Augmente le nombre de rotation de l'arbre</i>	Tension nulle	
	Générateur	Asynchrone à double alimentation	
	<i>Produit l'électricité</i>	Tension de 660 V	
	Système de freinage	Frein principal aérodynamique	Orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours
Frein auxiliaire mécanique		Frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide	
Mât	Type	Tubulaire en acier	
	Nombre de sections	4	
	<i>Supporte le rotor et la nacelle</i>	Protection contre la corrosion	Revêtement multicouche résine époxy
	Fixation du pied du mât	Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation	

Transformateur <i>Elève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</i>	Caractéristiques	A l'intérieur du mât Tension de 20 kV à la sortie
	Fondation <i>Ancre et stabilise le mât dans le sol</i>	Type En béton armé, de forme octogonale
Contrôle commande	Dimensions	Design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction
	Type matériel logiciel	Remote Field Controller/PLC, Nordex Control 2
	Démarrage automatique après coupure de réseau	Oui
Périodes de fonctionnement	Démarrage automatique après vent de coupure	Oui
	1,1 à 3 m/s	Un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent
	Environ 3 m/s	Le vent est suffisant pour générer de l'électricité. L'éolienne peut être couplée au réseau électrique
	> 3 m/s	La génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent
Poste de livraison <i>Adapte les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public</i>	12,5 à 20 m/s	L'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales
	Caractéristiques	Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV

Tableau 6. Synthèse du fonctionnement des éoliennes Nordex N117-R91 / 3600

1.4.2.2. SECURITE DE L'INSTALLATION

■ REGLES DE CONCEPTION ET SYSTEME QUALITE

La société Nordex, fournissant les machines et en assurant la maintenance, est certifiée ISO 9001. Le système de management de la qualité et tous les processus de production sont conformes à la norme ISO 9001.

Les aérogénérateurs de type N117/3600 font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Les équipements projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et Normes françaises (NF) homologuées relatives à la sécurité des éoliennes, et notamment :

- la norme IEC61400-1 / NF EN 61400-1 Juin 2006 intitulée « Exigence de conception », qui spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie prévue. Elle concerne tous les sous-systèmes des éoliennes tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien ; La norme IEC 61400-1 spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes.
- la norme IEC61400-22 / NF EN 61400-22 Avril 2011 intitulée « essais de conformité et certification », qui définit les règles et procédures d'un système de certification des éoliennes comprenant la certification de type et la certification des projets d'éoliennes installées sur terre ou en mer. Ce système spécifie les règles relatives aux procédures et à la gestion de mise en œuvre de l'évaluation de la conformité d'une éolienne et des parcs éoliens, avec les normes spécifiques et autres exigences techniques en matière de sécurité, de fiabilité, de performance, d'essais et d'interaction avec les réseaux électriques.
- la norme CEI/TS 61400-23:2001 Avril 2001 intitulée « essais en vraie grandeur des structures des pales » relative aux essais mécaniques et essais de fatigue.

D'autres normes de sécurité sont applicables :

- la génératrice est construite suivant le standard IEC60034 et les équipements mécaniques répondent aux règles fixées par la norme ISO81400-4.
- la protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4.
- la Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004 relative aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques.
- le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 9223.

Au cours de la construction de l'éolienne, le maître d'ouvrage mandatera un bureau de vérification pour le contrôle technique de construction.

Les performances des éoliennes sont garanties dans la mesure où les conditions d'installation sont conformes aux spécifications NORDEX.

■ CONFORMITE AUX PRESCRIPTIONS DE L'ARRETE MINISTERIEL

L'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation ainsi qu'aux principales normes et certifications applicables à l'installation.

Cela concerne notamment :

- L'éloignement de 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 et de 300 mètres d'une installation nucléaire,
- L'implantation de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens,
- La présence d'une voie d'accès carrossable entretenue permettant l'intervention des services d'incendie et de secours,
- Le respect des normes suivantes : norme NF EN 61 400-1 (version de juin 2006) ou CEI 61 400-1 (version de 2005) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne,
- L'installation conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation,
- Le respect des normes suivantes : norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010), normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009),
- L'installation conforme aux dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables,
- Le balisage de l'installation conformément aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L.6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile,
- Le maintien fermé à clé des accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison, afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements,
- L'affichage visible des prescriptions à observer par les tiers sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement,
- La réalisation d'essais d'arrêt permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs,
- L'interdiction d'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables,

■ GESTION A DISTANCE DU FONCTIONNEMENT DES EOLIENNES

L'exploitation des éoliennes ne fera pas l'objet d'une présence permanente sur site, mis à part lors des opérations de maintenance. Le fonctionnement du parc éolien est entièrement automatisé et contrôlé à distance depuis le centre de commande du parc éolien à Rostock en Allemagne.

L'exploitation des éoliennes s'effectue grâce à un Automate Programmable Industriel (API) qui analyse en permanence les données en provenance des différents capteurs de l'installation et de l'environnement (conditions météorologiques, vitesse de rotation des pales, production électrique, niveau de pression du réseau hydraulique, etc.) et qui contrôle les commandes en fonction des paramètres.

Sur un moniteur de contrôle placé au niveau du poste électrique de livraison, toutes les données d'exploitation peuvent être affichées et contrôlées, et des fonctions telles que le démarrage, l'arrêt et l'orientation des pales peuvent être commandées.

De plus, les éoliennes N117/3600 sont équipées d'un système de contrôle à distance des données. La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS. Le logiciel de supervision (SCADA – Supervising Control And Data Acquisition) utilisé est le Nordex Control 2.

Le SCADA constitue un terminal de dialogue entre l'automate et son système d'entrée/sortie, connecté en réseau au niveau des armoires de contrôle placées dans la nacelle et dans le pied de l'éolienne.

■ METHODES ET MOYENS D'INTERVENTION

En cas de sinistre, les pompiers seront prévenus par le personnel du site ou les riverains directement par le 18. L'appel arrivera au Centre de Traitement des Appels (CTA), qui est capable de mettre en œuvre les moyens nécessaires en relation avec l'importance du sinistre. Cet appel sera ensuite répercuté sur le Centre de Secours disponible et le plus adapté au type du sinistre.

Une voie d'accès donne aux services d'interventions un accès facilité au site du parc éolien.

Les moyens d'intervention une fois l'incident ou accident survenu sont des moyens de récupération des fragments : grues, engins, camions.

En cas d'incendie avancé, les sapeurs-pompiers se concentreront sur le barrage de l'accès au foyer d'incendie. Une zone de sécurité avec un rayon de 500 mètres autour de l'éolienne devra être respectée.

■ OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

Le programme préventif de maintenance s'étale sur quatre niveaux :

- type 1 : vérification après 300 à 500 heures de fonctionnement (contrôle visuel du mât, des fixations fondation/tour, tour/nacelle, rotor...et test du système de déclenchement de la mise en sécurité de l'éolienne),
- type 2 : vérification semestrielle des équipements mécaniques et hydrauliques,
- type 3 : vérification annuelle des matériaux (soudures, corrosions), de l'électrotechnique et des éléments de raccordement électrique,
- type 4 : vérification quinquennale de forte ampleur pouvant inclure le remplacement de pièces.

Chacune des interventions sur les éoliennes ou leurs périphériques fait l'objet de l'arrêt du rotor pendant toute la durée des opérations.

Pour la maintenance, une équipe de techniciens spécialisés est implantée à Germinon (8 personnes – 41 machines sous responsabilité), distante d'environ 25 km du parc éolien. En cas de déviance sur la production ou d'avarie technique, une équipe de maintenance interviendra sur le site.

Ainsi l'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées en matière d'exploitation.

■ 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 du parc Energie des Pidances.

1.4.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

1.4.3.1. RACCORDEMENT ELECTRIQUE HABITUEL D'UN PARC EOLIEN

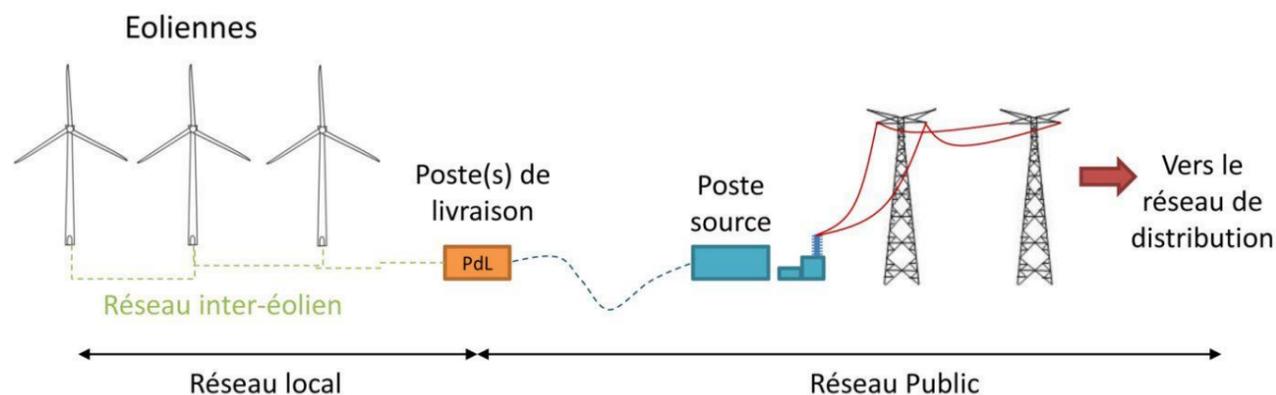


Figure 4. Raccordement électrique des installations

■ RESEAU INTER - EOLIEN

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans la nacelle de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. 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 en accotement de voies et à 120 cm minimum en plein champ.

■ POSTE DE LIVRAISON

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Certains parcs éoliens, par leur taille, peuvent posséder plusieurs postes de livraison, voire se raccorder directement sur un poste source, qui assure la liaison avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension).

La localisation exacte de l'emplacement du poste de livraison est fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée.

■ RESEAU ELECTRIQUE EXTERNE

Le réseau électrique externe relie le ou les postes de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement ERDF- Électricité Réseau Distribution France). Il est lui aussi entièrement enterré.

1.4.3.2. RACCORDEMENT ELECTRIQUE DU PARC ENERGIE DES PIDANCES

Les différents aérogénérateurs, le poste de livraison double, les réseaux électriques enterrés sont représentés sur les plans d'ensemble du dossier de demande d'autorisation d'exploiter.

Le raccordement des éoliennes entre elles et au poste de livraison, ainsi que la jonction au réseau extérieur seront réalisés en souterrain, depuis le poste de livraison vers le poste source qui sera défini par ErDF.

1.4.3.3. AUTRES RESEAUX

Le projet éolien Energie des Pidances 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.

1.5. 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.

1.5.1. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

Les produits utilisés dans le cadre du projet éolien Energie des Pidances permettent 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 dangereux ;
- Produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyeurs...) et les déchets non dangereux 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.

1.5.1.1. INVENTAIRE DES PRODUITS

Le guide technique préconise que compte tenu de la nature et des volumes des produits présents dans les aérogénérateurs, l'exploitant pourra se limiter à une description générale des produits utilisés et des dangers associés.

Les substances ou produits chimiques mis en œuvre dans l'installation sont limités. Les seuls produits présents en phase d'exploitation sont présentés ci-contre.

Lieu de lubrification	Désignation	Lubrifiant	Quantité	Classe de matière dangereuse
Système de refroidissement /Génératrice, /Convertisseur	Varidos FSK 45	Liquide de refroidissement	env. 70 L	Xn
Roulements de la génératrice	Klüberplex BEM 41-132	Graisse	env. 9,4 kg	-
Multiplicateurs, circuits de refroidissement inclus	Mobilgear XMP 320		450L	
	Pour CCV : Optigear Synthetic / A320Optigear Synthetic	Huile minérale Huile synthétique	ou 550 L	-
	X320Mobilgear SHC XMP 320		ou 650 L	
Système Hydraulique	Shell Tellus S4 VX 32	Huile minérale	env. 25 L	-
Palier de rotor	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	env. 30 kg	-
Roulement d'orientation de pale /Voie de roulement	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	3 x 4,9 kg	-
Engrenage	Ceplattyn BL gleitmo 585 K pour CCV	Graisse Graisse	env. 0,5 kg	-
Engrenage (orientation de pale)	Mobil SHC 629	Huile synthétique	3 x 11 L	-
Engrenage de système d'orientation	Mobil SHC 629	Huile synthétique	3/4 x 21 L	-
Roulements de système d'orientation /Voie de roulement	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	3,8 kg	-
/ Engrenage	Ceplattyn BL gleitmo 585 K pour CCV	Graisse Graisse	env. 0,5 kg	-
Transformateur	-	-	-	-

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).

1.5.1.2. DANGERS DES PRODUITS

■ INFLAMMABILITE ET COMPORTEMENT VIS-A-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.

■ TOXICITE 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 (à causticité marquée).

■ DANGEROUSITE POUR L'ENVIRONNEMENT

Vis-à-vis de l'environnement, le SF6 possède un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important, mais les quantités présentes sont très limitées (seulement 1 à 2 kg de gaz dans les cellules de protection).

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

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

1.5.2. POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

- Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;
- Projection d'éléments (morceaux de pale, brides de fixation, etc.) ;
- Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- Echauffement de pièces mécaniques ;
- Courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

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

Tableau 7. Dangers potentiels d'une éolienne

1.5.3. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

1.5.3.1. PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES

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.

Ces choix sont synthétisés ci-dessous :

- Le choix de la machine est adapté aux conditions de vent ;
- Lors de la démarche de conception du projet, la société Energie des a étudié plusieurs scénarios d'implantation afin de déterminer celui qui minimise les impacts vis-à-vis des intérêts mentionnés par l'article L 511-1 du code de l'environnement (Cf. Dossier 4- : Etude d'impact : Chapitre 2 : Analyse des variantes).
- Le respect des prescriptions générales de l'arrêté du 26 août 2011 impose au projet :
 - o Un éloignement des aérogénérateurs de 500 m des zones à vocation d'habitat,
 - o Un choix d'aérogénérateurs respectant des normes de sécurité et disposant d'équipements de prévention des risques,
 - o La réalisation obligatoire d'un contrôle technique des ouvrages.
- Les moyens techniques de Nouvergies de Nordex sont mis à disposition via un contrat d'exploitation et de maintenance ;
- Le projet bénéficie de l'expérience de Nouvergies dans le développement de projet éolien.

1.5.3.2. 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.

1.6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

Il n'existe 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 pour ce qui est de la structuration des données que des détails 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 scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans l'analyse détaillée des risques.

1.6.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne et a été effectué en mars 2012.

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

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer le recensement des accidents et incidents au niveau français. Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de presse locale ou de bases de données mises en place par des associations :

- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable ;
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens ;
- Site Internet de l'association « Vent de Colère » ;
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » ;
- Articles de presse divers ;
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

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

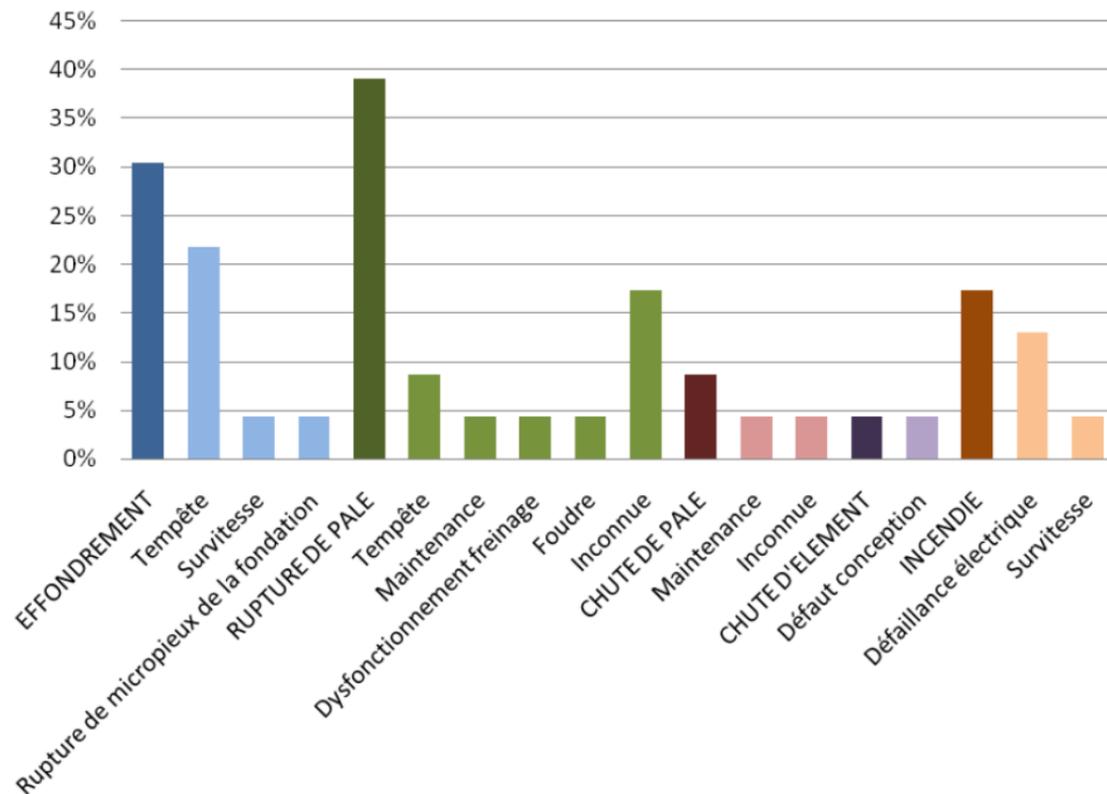
Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de INERIS/SER FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012. Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

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

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

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

Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011



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

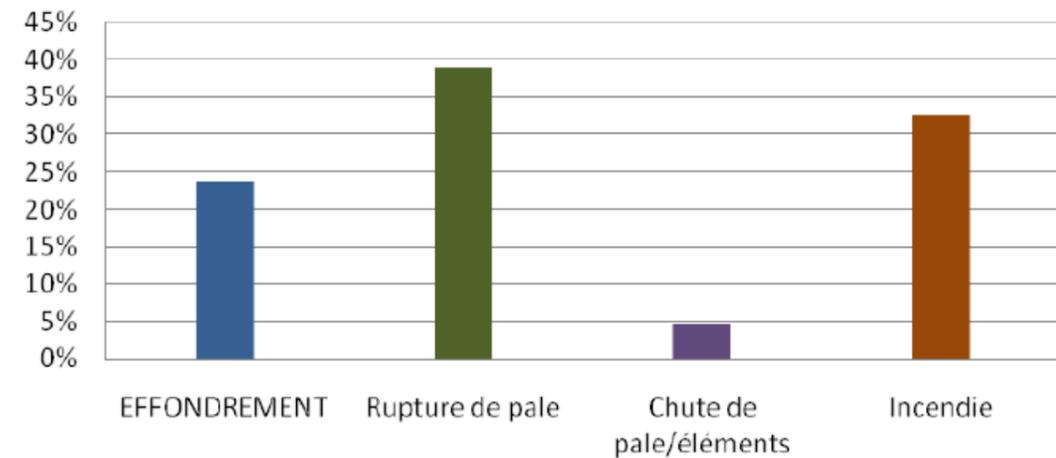
1.6.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

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

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

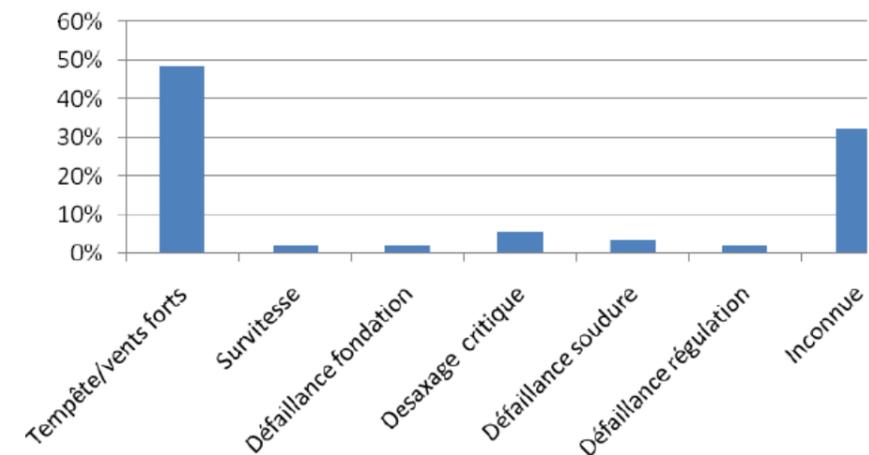
Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés.

Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

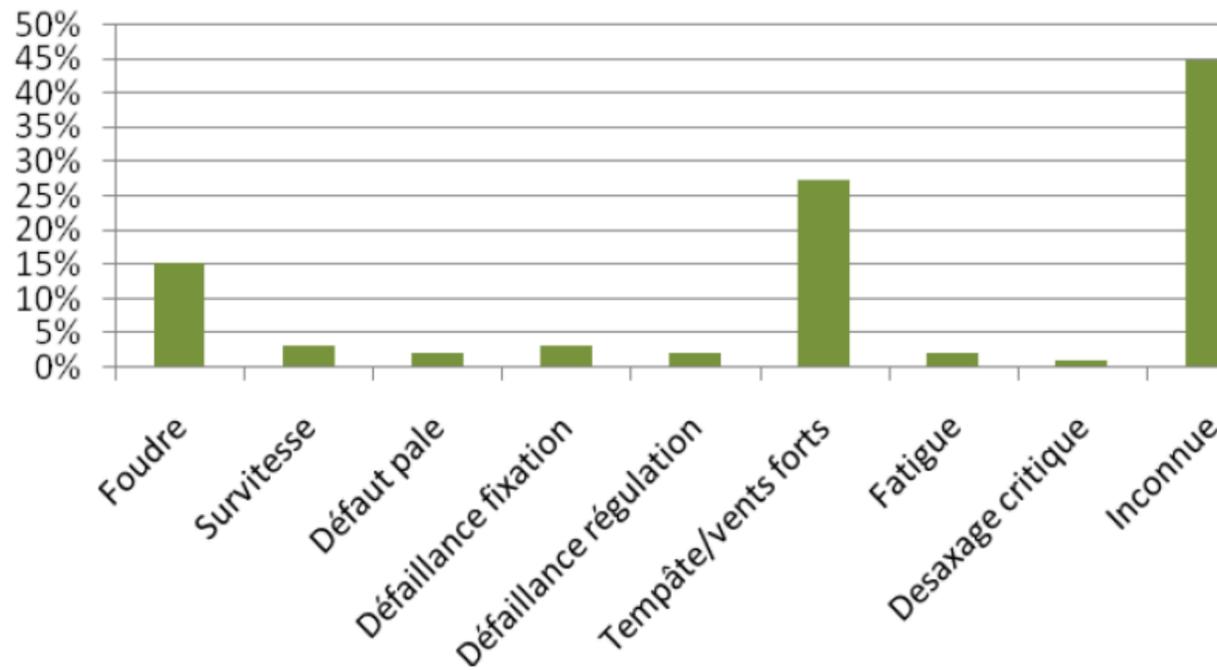


Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

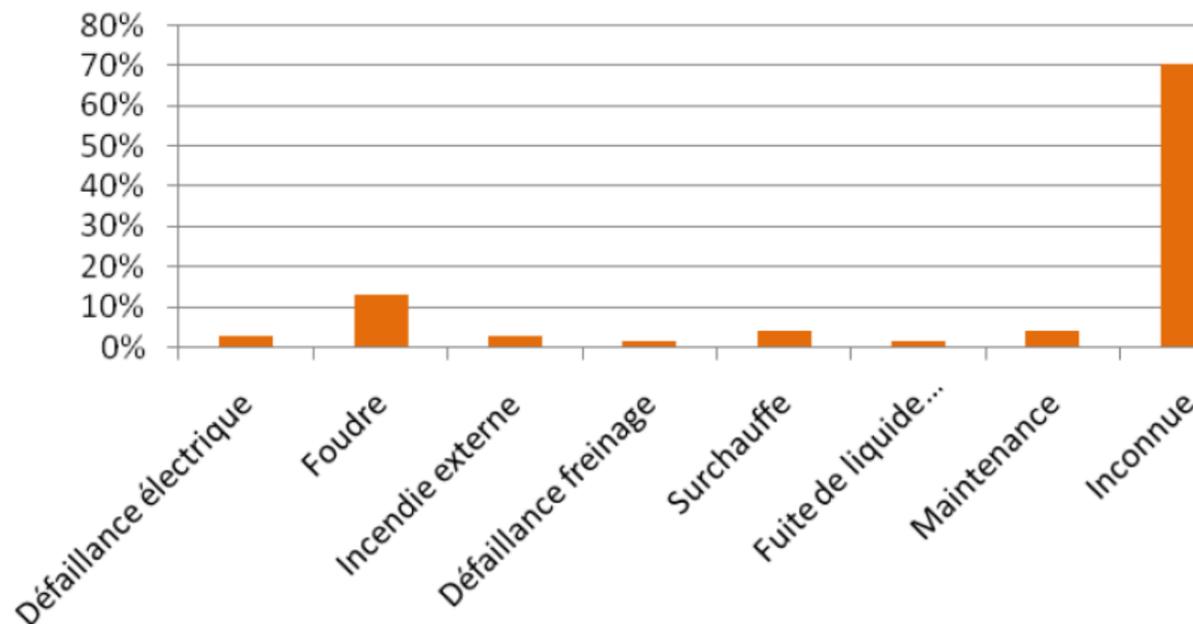
Répartition des causes premières d'effondrement



Répartition des causes premières de rupture de pale



Répartition des causes premières d'incendie



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

1.6.3. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

1.6.3.1. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

La figure ci-dessous montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant.

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

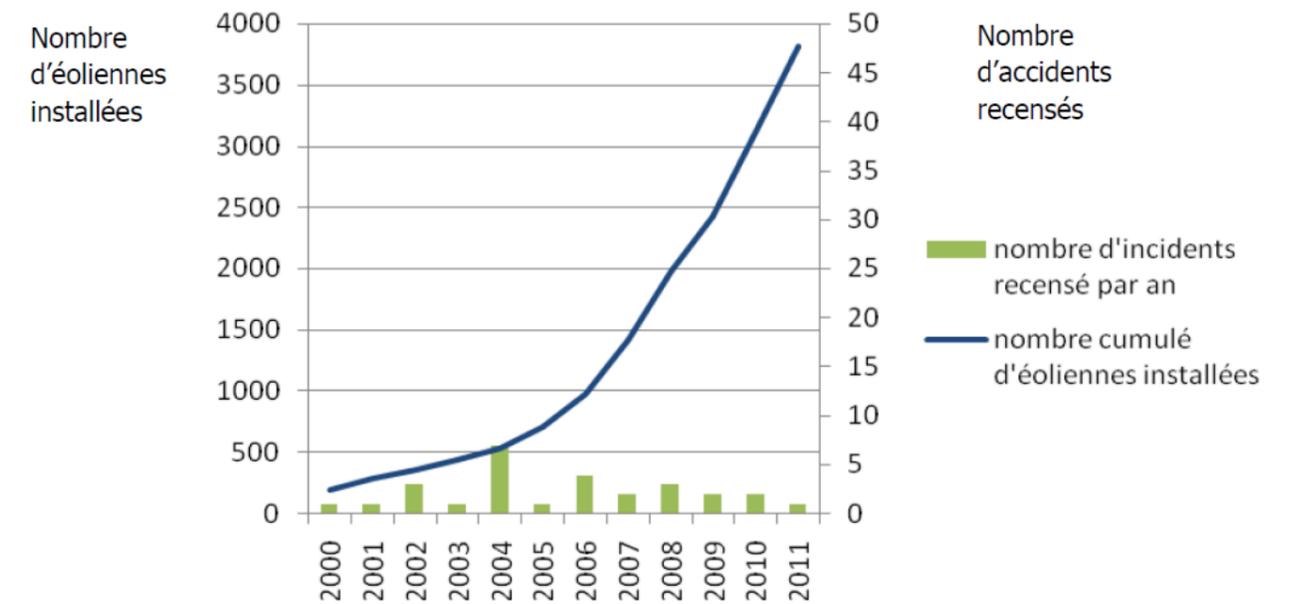


Figure 5. Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

1.6.3.2. ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS

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.

1.6.4. 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.

1.7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

1.7.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE 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'accidents majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

1.7.2. RECENSEMENT DES EVENEMENTS 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.

1.7.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

1.7.3.1. AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

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

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât de l'éolienne la plus proche
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Présence de chemins ruraux
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Infrastructure au-delà du périmètre de 2000 m
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	RAS
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Les distances inter éoliennes sont comprises entre 436 et 690 m

Tableau 8. Agressions externes liées aux activités humaines

1.7.3.2. AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

Les principales agressions externes sont liées aux phénomènes naturels. Ceux-ci sont étudiés dans le chapitre 1.3.2.2 « Risques naturels ». L'intensité des phénomènes est donnée par une cotation sur la base de données observée. 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.

1.7.4. SCENARII ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE 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).

Voir précisions en annexe.

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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	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
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	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
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	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
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

Tableau 9. 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.

1.7.5. EFFETS DOMINOS

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

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

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

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

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

1.7.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

Les tableaux de sécurité ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du parc éolien Energie des Pidances. 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
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non. Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Immédiat (L'alarme est déclenchée dès que le capteur est gelé ou détecte de la neige.)		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification des capteurs du système de détection de givre lors des maintenances préventives annuelles.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	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 Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	A préciser si possible		
Maintenance	Maintenance préventive semestrielle de la génératrice et de son système de refroidissement, ainsi que du multiplicateur (y compris le système de refroidissement de l'huile du multiplicateur). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage. Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté) L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Maintenance préventive annuelle de l'éolienne avec notamment contrôle de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Parafoudres sur la nacelle + récepteurs de foudre sur les 2 faces des pales Mise à la terre (nacelle/mât, sections de mât, mât/fondation) Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Mesure de terre lors des vérifications réglementaires des installations électriques		
Maintenance	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. Contrôle de l'état de l'installation de mise à la terre dans le mât à chaque maintenance préventive.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	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		
Description	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).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 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.		
Efficacité	100 %		
Tests	Vérification de la plausibilité des mesures de température		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. 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
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants. 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 : - de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; - de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté)		
Efficacité	100 %		
Tests	Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles.		

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

1.7.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE 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 :

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60 s suivant le programme de freinage		
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.		
Maintenance	Maintenance préventive du système pitch (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T2 / T3 / T4), notamment vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch. Maintenance préventive du frein mécanique (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T2 / T3 / T4), notamment inspection visuelle, vérification de l'épaisseur des plaquettes de frein et des capteurs du frein mécanique.		

Fonction de sécurité	Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Détection des défaillances du réseau électrique Batteries pour chaque système pitch Système d'alimentation sans coupure (UPS)		
Description	Surveillance du réseau + surveillance des défaillances réseau par le convertisseur principal qui entraîne la déconnexion de l'éolienne du réseau électrique. Commande de l'éolienne et communication externe assurées pendant environ 10 min, permettant l'arrêt automatique de l'éolienne.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	150 ms pour identifier une défaillance réseau 15 à 60 s pour l'arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage		
Efficacité	100%		
Tests	Vérification de la charge des batteries d'alimentation de secours des systèmes pitch lors de la séquence de démarrage de l'éolienne		
Maintenance	Remplacement des batteries du système pitch au cours de la maintenance quinquennal. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

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

Tableau 10. Scénarii exclus de l'étude détaillée

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

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'éolienne

1.8. ETUDE DETAILLEE 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.

1.8.1. RAPPEL DES DEFINITIONS

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.

1.8.1.1. CINETIQUE

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.

1.8.1.2. INTENSITE

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

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

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

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

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

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

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

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

Tableau 11. 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.

1.8.1.3. GRAVITE

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

> MÉTHODOLOGIE

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

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

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

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

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

■ HYPOTHESES DE TRAVAIL

- **Concernant les zones agricoles**, elles sont constituées d'éléments disparates : champs, voies de circulation non structurantes (chemins ruraux, voies communales faiblement fréquentées)...

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 quant aux victimes potentielles), donc 1 personne par tranche de 10 ha.

- **Concernant les boisements**, ils n'ont pas vocation de loisirs et ne sont pas aménagés en tant que tels. Comme les zones agricoles, nous les classerons donc en terrains aménagés mais peu fréquentés.
- **Pour les voies de communication**, conformément au guide technique, elles n'ont à être prises en considération que si elles sont empruntées par un nombre significatif de personnes, les voies de circulation non structurantes (inférieures à 2 000 véhicules/jour) étant déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés. Aucune de ces voies structurantes ne concerne l'aire d'étude du projet.
- **Concernant les bâtiments agricoles**, ils sont assimilés à des zones d'activités (industrie et autres activités ne recevant pas habituellement de public) : nous prendrons en considération le nombre de salariés. En l'absence du nombre exact de salariés, nous ferons une simulation du nombre de salariés sur la base des données agricoles disponibles sur la commune de Bannes, à savoir :
 - La commune compte 20 exploitations agricoles ayant leur siège sur la commune, et 17 unités de travail annuel agricole, soit 0,85 personne salariée par exploitation en moyenne.
- **Les chemins de randonnée** sont des chemins piétonniers à prendre en compte. Concernant la fréquentation du circuit de randonnée qui traverse le site, nous retenons l'hypothèse d'une fréquentation inférieure ou égale à 100 promeneurs/jour en moyenne, ce qui correspondrait à 36 500 promeneurs par an. Cette donnée est retenue par l'exploitant car étant bien supérieure à l'observation sur site et majeure ainsi l'analyse du risque.
 - Pour le chemin de randonnée : compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs par jour en moyenne.

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

1.8.1.4. PROBABILITE

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	- <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 13. 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_{ERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

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

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

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

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

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

1.8.1.5. ACCEPTABILITE

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	Orange	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Orange	Orange	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Orange	Orange	Orange	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Vert	Orange	Orange	Rouge
Modéré	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange

Tableau 14. 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	Orange	acceptable
Risque important	Rouge	non acceptable

1.8.2. CARACTERISATION DES SCENARII RETENUS

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

1.8.2.1. EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

■ ZONE D'EFFET

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit **149,4 m** dans le cas des éoliennes du **parc éolien Energie des Pidances**.

Les 8 éoliennes du parc Energie des Pidances seront toutes identiques, du même modèle.

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.

■ INTENSITE

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=**57,3 m**),
- H est la hauteur du moyeu (H=**91 m**),
- D/2 est la longueur d'un demi diamètre (D/2=**58,4 m**),
- L est la largeur du mât (L= **4,3 m**),
- LB est la corde maximale de la pale (LB= **2,4 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= 149,4 m			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
(H) x L + 3*R*LB/2	= π x (H+D/2) ²		
597,9 m ²	70 121,5 m ²	0,853 %	Exposition modérée

Tableau 15. Scénario d'effondrement - calcul de l'intensité

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

³ Dans le guide technique la formule initiale est : $n \times (H+R)^2$, D/2 nous semble plus cohérent que R.

■ GRAVITE

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 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 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 ²	Comptage sur la zone	Route*	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Terrains aménagés mais peu fréquentés	70 121,5	0,701	Chemin d'accès, chemin rural	0,701	modéré
E2	Terrains aménagés mais peu fréquentés	70 121,5	0,701	Chemin d'accès, chemin rural	0,701	modéré
E3	Terrains aménagés mais peu fréquentés	70 121,5	0,701	Chemin d'accès, chemin rural	0,701	modéré
E4	Terrains aménagés mais peu fréquentés	70 121,5	0,701	Chemin d'accès, chemin rural	0,701	modéré
E5	Terrains aménagés mais peu fréquentés.	70 121,5	0,701	Chemin d'accès, chemin rural	0,701	modéré
E6	Terrains aménagés mais peu fréquentés.	70 121,5	0,701	Chemin d'accès, chemin rural	0,701	modéré
E7	Terrains aménagés mais peu fréquentés.	70 121,5	0,701	Chemin d'accès, chemin rural	0,701	modéré
E8	Terrains aménagés mais peu fréquentés.	70 121,5	0,701	Chemin d'accès, chemin rural	0,701	modéré

Tableau 16. Scénario d'effondrement - cotation de la gravité

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

■ PROBABILITE

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 x 10 ⁻⁴	Retour d'expérience
Specification of minimum distances [6]	1,8 x 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'expérience⁴, soit une probabilité de 4,47 x 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* ».

⁴ 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.

■ ACCEPTABILITE

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur **du parc éolien Energie des Pidances**, 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
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable
E8	Modéré	Acceptable

Tableau 17. Scénario d'effondrement - acceptabilité du risque

Ainsi, pour le parc éolien Energie des Pidances, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

■ CARTOGRAPHIE

Les cartographies des risques par éolienne sont présentées au §1.8.3.3 Cartographies des risques

1.8.2.2. CHUTE DE GLACE

CONSIDERATIONS GENERALES

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 **58,4 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.

INTENSITE

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 ($D/2 = 58,4$ m),
- SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1$ m²).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 58,4$ m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times (D/2)^2$ ⁵		
1,0 m ²	10 714,6 m ²	0,009%	Exposition modérée

Tableau 18. Scénario chute de glace - calcul de l'intensité

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

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

GRAVITE

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

- Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 58,4$ m)						
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
E1	Terrains aménagés mais peu fréquentés	10 714,6	0,107	Chemin d'accès, chemin rural	0,107	Modéré
E2	Terrains aménagés mais peu fréquentés	10 714,6	0,107	Chemin d'accès, chemin rural	0,107	Modéré
E3	Terrains aménagés mais peu fréquentés	10 714,6	0,107	Chemin d'accès, chemin rural	0,107	Modéré
E4	Terrains aménagés mais peu fréquentés	10 714,6	0,107	Chemin d'accès, chemin rural	0,107	Modéré
E5	Terrains aménagés mais peu fréquentés	10 714,6	0,107	Chemin d'accès, chemin rural	0,107	Modéré
E6	Terrains aménagés mais peu fréquentés	10 714,6	0,107	Chemin d'accès, chemin rural	0,107	Modéré
E7	Terrains aménagés mais peu fréquentés	10 714,6	0,107	Chemin d'accès, chemin rural	0,107	Modéré
E8	Terrains aménagés mais peu fréquentés	10 714,6	0,107	Chemin d'accès, chemin rural	0,107	Modéré

Tableau 19. Scénario chute de glace - cotation de la gravité

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

■ **PROBABILITE**

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

■ **ACCEPTABILITE**

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
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable
E8	Modéré	Acceptable

Tableau 20. Scénario chute de glace - acceptabilité du risque

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

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

■ **CARTOGRAPHIE**

Les cartographies des risques par éolienne sont présentées au §1.8.3.3 Cartographies des risques.

1.8.2.3. CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

■ **ZONE D'EFFET**

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor soit 58,4 m pour le parc Energie des Pidances.

■ **INTENSITE**

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= **57,3** m),
- LB est la corde maximale de la pale (LB= **2,4** m),
- D/2 est la longueur d'un demi-diamètre (D/2= **58,4** m).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 58,4 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \cdot LB / 2$	$Z_E = \pi \times (D/2)^2$ ⁶		
68,9 m ²	10 714,6 m ²	0,643%	Exposition modérée

Tableau 21. Scénario chute d'éléments de l'éolienne - calcul de l'intensité

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

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

■ **GRAVITE**

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 = 58,4 m)						
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
E1	Terrains aménagés mais peu fréquentés	10 714,6	0,107	Chemin d'accès, chemins ruraux	0,107	Sérieux
E2	Terrains aménagés mais peu fréquentés	10 714,6	0,107	Chemin d'accès, chemins ruraux	0,107	Sérieux
E3	Terrains aménagés mais peu fréquentés	10 714,6	0,107	Chemin d'accès, chemins ruraux	0,107	Sérieux
E4	Terrains aménagés mais peu fréquentés	10 714,6	0,107	Chemin d'accès, chemins ruraux	0,107	Sérieux
E5	Terrains aménagés mais peu fréquentés	10 714,6	0,107	Chemin d'accès, chemins ruraux	0,107	Sérieux
E6	Terrains aménagés mais peu fréquentés	10 714,6	0,107	Chemin d'accès, chemins ruraux	0,107	Sérieux
E7	Terrains aménagés mais peu fréquentés	10 714,6	0,107	Chemin d'accès, chemins ruraux	0,107	Sérieux
E8	Terrains aménagés mais peu fréquentés	10 714,6	0,107	Chemin d'accès, chemins ruraux	0,107	Sérieux

Tableau 22. Scénario chute d'éléments de l'éolienne - cotation de la gravité

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

■ **PROBABILITE**

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47 x 10⁻⁴ 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.

■ **ACCEPTABILITE**

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
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable
E6	Sérieux	Acceptable
E7	Sérieux	Acceptable
E8	Sérieux	Acceptable

Tableau 23. Scénario chute d'éléments de l'éolienne - acceptabilité du risque

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

■ **CARTOGRAPHIE**

Les cartographies des risques par éolienne sont présentées au §1.8.3.3 Cartographies des risques.

1.8.2.4. PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

■ ZONE D'EFFET

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

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

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

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

■ INTENSITE

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= **57,3** m),
- LB est la corde maximale de la pale (LB= **2,4** 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
$Z_I = R * LB / 2$	$Z_E = \pi * (500)^2$	$d = Z_I / Z_E$	
68,9 m ²	785 398,2 m ²	0,009%	Exposition modérée

Tableau 24. Scénario projection de pales ou de fragments de pales - calcul de l'intensité

■ GRAVITE

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
E1	Terrains aménagés mais peu fréquentés,	785 398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux
E2	Terrains aménagés mais peu fréquentés,	785 398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux
E3	Terrains aménagés mais peu fréquentés	785 398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux
E4	Terrains aménagés mais peu fréquentés,	785 398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux
E5	Terrains aménagés mais peu fréquentés,	785 398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux
E6	Terrains aménagés mais peu fréquentés,	785 398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux
E7	Terrains aménagés mais peu fréquentés,	785 398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux
E8	Terrains aménagés mais peu fréquentés,	785 398,2	7,854	Chemin d'accès, chemins ruraux	7,854	Sérieux

Tableau 25. Scénario chute d'éléments de l'éolienne - cotation de la gravité

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

Si la distance inter-éolienne est inférieure à 500 m les aérogénérateurs sont 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.

■ **PROBABILITE**

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

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assesment for a wind farm project [4]	1 x 10 ⁻⁶	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	1, 1 x 10 ⁻³	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances [6]	6,1 x 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 x 10⁻⁴ événement par éolienne et par an).

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

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

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

- les dispositions de la norme IEC 61 400-1
- les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique
- utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.)

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 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* ».

■ **ACCEPTABILITE**

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable
E6	Sérieux	Acceptable
E7	Sérieux	Acceptable
E8	Sérieux	Acceptable

Tableau 26. Scénario projection de pales ou de fragments de pales - acceptabilité du risque

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

■ **CARTOGRAPHIE**

Les cartographies des risques par éolienne sont présentées au §1.8.3.3 Cartographies des risques.

1.8.2.5. PROJECTION DE GLACE

■ ZONE D'EFFET

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

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

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

La zone d'effet est de 311,7 m

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.

■ INTENSITE

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

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

- 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=116,8 m),
- H est la hauteur au moyeu (H=91 m),
- SG est la surface majorante d'un morceau de glace (1 m²).

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R _{PG} = 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne soit 311,7 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _I = SG	ZE = π x 1,5*(H+D) ² ⁷	d=Z _I /Z _E	
1,0 m ²	305 227,4 m ²	0,00033%	Exposition modérée

Tableau 27. Scénario projection de glace - calcul de l'intensité

⁷ Dans le guide technique la formule initiale est : $ZE = \pi \times 1,5 \times (H+2R)^2$, or $H+2R$ ne correspond pas $H+D$ préconisée dans l'étude [15], car R ne tient pas compte de la taille du moyeu.

■ GRAVITE

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.

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 x (H+D) = 311,7 m)					
Eolienne	Type de terrain dans la zone d'effet	Surface zone en m ²	Comptage surface	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Terrains aménagés mais peu fréquentés	305 227,4	3,052	3,052	Sérieuse
E2	Terrains aménagés mais peu fréquentés	305 227,4	3,052	3,052	Sérieuse
E3	Terrains aménagés mais peu fréquentés	305 227,4	3,052	3,052	Sérieuse
E4	Terrains aménagés mais peu fréquentés	305 227,4	3,052	3,052	Sérieuse
E5	Terrains aménagés mais peu fréquentés	305 227,4	3,052	3,052	Sérieuse
E6	Terrains aménagés mais peu fréquentés	305 227,4	3,052	3,052	Sérieuse
E7	Terrains aménagés mais peu fréquentés	305 227,4	3,052	3,052	Sérieuse
E8	Terrains aménagés mais peu fréquentés	305 227,4	3,052	3,052	Sérieuse

Tableau 28. Scénario projection de glace - cotation de la gravité

■ **PROBABILITE**

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.

■ **ACCEPTABILITE**

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+D)$ autour de l'éolienne)			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage *	Niveau de risque
E1	Sérieuse	oui	Acceptable
E2	Sérieuse	oui	Acceptable
E3	Sérieuse	oui	Acceptable
E4	Sérieuse	oui	Acceptable
E5	Sérieuse	oui	Acceptable
E6	Sérieuse	oui	Acceptable
E7	Sérieuse	oui	Acceptable
E8	Sérieuse	oui	Acceptable

Tableau 29. 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 Energie des Pidances, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

■ **CARTOGRAPHIE**

Les cartographies des risques par éolienne sont présentées au §1.8.3.3 Cartographies des risques.

1.8.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

1.8.3.1. TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

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

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 149,4 m	Rapide	exposition modérée	D (car éoliennes récentes) ⁸	Modéré pour toutes les éoliennes
S2	Chute de glace	Zone de survol Soit 58,4 m	Rapide	exposition modérée	A	Modéré pour toutes les éoliennes
S3	Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol Soit 58,4 m	Rapide	Exposition modérée	C	Modéré pour toutes les éoliennes
S4	Projection	500 m autour de l'éolienne	Rapide	exposition modérée	D (car éoliennes récentes) ⁹	Sérieux pour les autres éoliennes
S5	Projection de glace	1,5 x (H + D) autour de l'éolienne Soit 311,7 m	Rapide	exposition modérée	B	Sérieux pour les autres éoliennes

Tableau 30. Synthèse de la cotation des risques - étude détaillée

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

⁸ Voir paragraphe 1.8.2.1

⁹ Voir paragraphe 1.8.2.4

1.8.3.2. SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

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 (§0) 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	S4	Jaune	S5	Rouge
Modéré	Vert	S1	S3	Vert	S2

Tableau 31. 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

Rappel des Scénarii :

S1 Effondrement de l'éolienne

S2 Chute de glace

S3 Chute d'élément de l'éolienne

S4 Projection

S5 Projection de glace

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

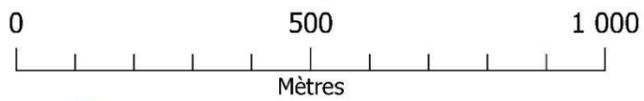
- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans le chapitre 1.7.6 seront mises en place.

1.8.3.3. CARTOGRAPHIES DES RISQUES

- Eolienne
 - Aire d'étude (500 m)
 - Poste de livraison
 - Cablage inter-éoliennes
 - Plateforme de grutage
 - Chemin d'accès
 - Virage à créer
 - Limite de parcelle
 - Limite communale
- Enjeux :**
- Axes de circulation**
 - Route départementale
 - Chemin
 - Réseaux**
 - Réseau ERDF
 - Réseau Orange
 - Oléoduc

Périmètres de zones d'effet des scénarii :

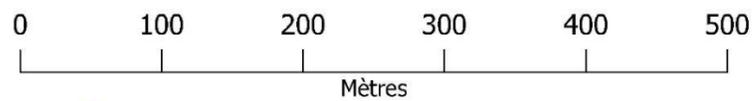
- Périmètre de 58,4 m de risque de chute d'éléments de l'éolienne
- Périmètre de 58,4 m de risque de chute de glace
- Périmètre de 149,4 m de risque d'effondrement de l'éolienne
- Périmètre de 311,7 m de risque de projection de glace
- Périmètre de 500 m de risque de projection de pales ou de fragments de pales



- ⊗ Eolienne
 - Aire d'étude (500 m)
 - Poste de livraison
 - Cablage inter-éoliennes
 - ▨ Fondation
 - ▨ Plateforme de grutage
 - Chemin d'accès
 - Virage à créer
 - Limite de parcelle
 - ⋯ Limite communale
- Enjeux :**
- Axes de circulation
 - Route départementale
 - Chemin
- Réseaux**
- ⋯ Réseau ERDF
 - ⋯ Réseau Orange
 - ⋯ Oléoduc

Périmètres de zones d'effet des scénarii :

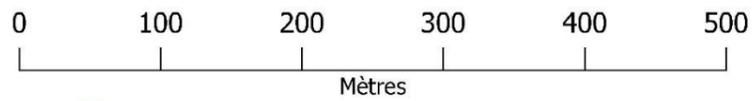
- Périmètre de 58,4 m de risque de chute d'éléments de l'éolienne
- Périmètre de 58,4 m de risque de chute de glace
- Périmètre de 149,4 m de risque d'effondrement de l'éolienne
- Périmètre de 311,7 m de risque de projection de glace
- Périmètre de 500 m de risque de projection de pales ou de fragments de pales



- ⊗ Eolienne
 - Aire d'étude (500 m)
 - Poste de livraison
 - Cablage inter-éoliennes
 - ▨ Fondation
 - ▨ Plateforme de grutage
 - Chemin d'accès
 - Virage à créer
 - Limite de parcelle
 - ⋯ Limite communale
- Enjeux :**
- Axes de circulation
 - Route départementale
 - Chemin
- Réseaux**
- ⋯ Réseau ERDF
 - ⋯ Réseau Orange
 - ⋯ Oléoduc

Périmètres de zones d'effet des scénarii :

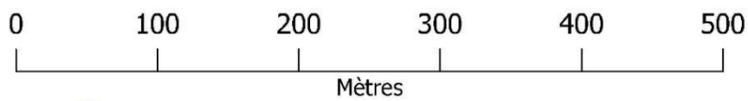
- Périmètre de 58,4 m de risque de chute d'éléments de l'éolienne
- Périmètre de 58,4 m de risque de chute de glace
- Périmètre de 149,4 m de risque d'effondrement de l'éolienne
- Périmètre de 311,7 m de risque de projection de glace
- Périmètre de 500 m de risque de projection de pales ou de fragments de pales



- | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|  | Eolienne | Enjeux : | |
|  | Aire d'étude (500 m) | Axes de circulation | |
|  | Poste de livraison |  | Route départementale |
|  | Cablage inter-éoliennes |  | Chemin |
|  | Fondation | Réseaux | |
|  | Plateforme de grutage |  | Réseau ERDF |
|  | Chemin d'accès |  | Réseau Orange |
|  | Virage à créer |  | Oléoduc |
|  | Limite de parcelle | | |
|  | Limite communale | | |

Périmètres de zones d'effet des scénarii :

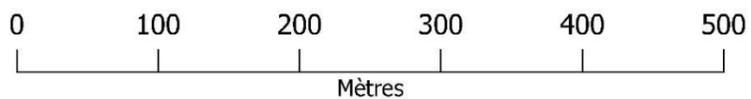
-  Périmètre de 58,4 m de risque de chute d'éléments de l'éolienne
-  Périmètre de 58,4 m de risque de chute de glace
-  Périmètre de 149,4 m de risque d'effondrement de l'éolienne
-  Périmètre de 311,7 m de risque de projection de glace
-  Périmètre de 500 m de risque de projection de pales ou de fragments de pales



- ⊙ Eolienne
 - Aire d'étude (500 m)
 - Poste de livraison
 - Cablage inter-éoliennes
 - ▨ Fondation
 - ▨ Plateforme de grutage
 - Chemin d'accès
 - Virage à créer
 - Limite de parcelle
 - ⋯ Limite communale
- Enjeux :**
- Axes de circulation**
- Route départementale
 - Chemin
- Réseaux**
- ⋯ Réseau ERDF
 - ⋯ Réseau Orange
 - ⋯ Oléoduc

Périmètres de zones d'effet des scénarii :

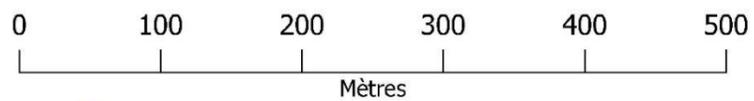
- Périmètre de 58,4 m de risque de chute d'éléments de l'éolienne
- Périmètre de 58,4 m de risque de chute de glace
- Périmètre de 149,4 m de risque d'effondrement de l'éolienne
- Périmètre de 311,7 m de risque de projection de glace
- Périmètre de 500 m de risque de projection de pales ou de fragments de pales



-  Eolienne
 -  Aire d'étude (500 m)
 -  Poste de livraison
 -  Cablage inter-éoliennes
 -  Fondation
 -  Plateforme de grutage
 -  Chemin d'accès
 -  Virage à créer
 -  Limite de parcelle
 -  Limite communale
- Enjeux :**
- Axes de circulation**
-  Route départementale
 -  Chemin
- Réseaux**
-  Réseau ERDF
 -  Réseau Orange
 -  Oléoduc

Périmètres de zones d'effet des scénarii :

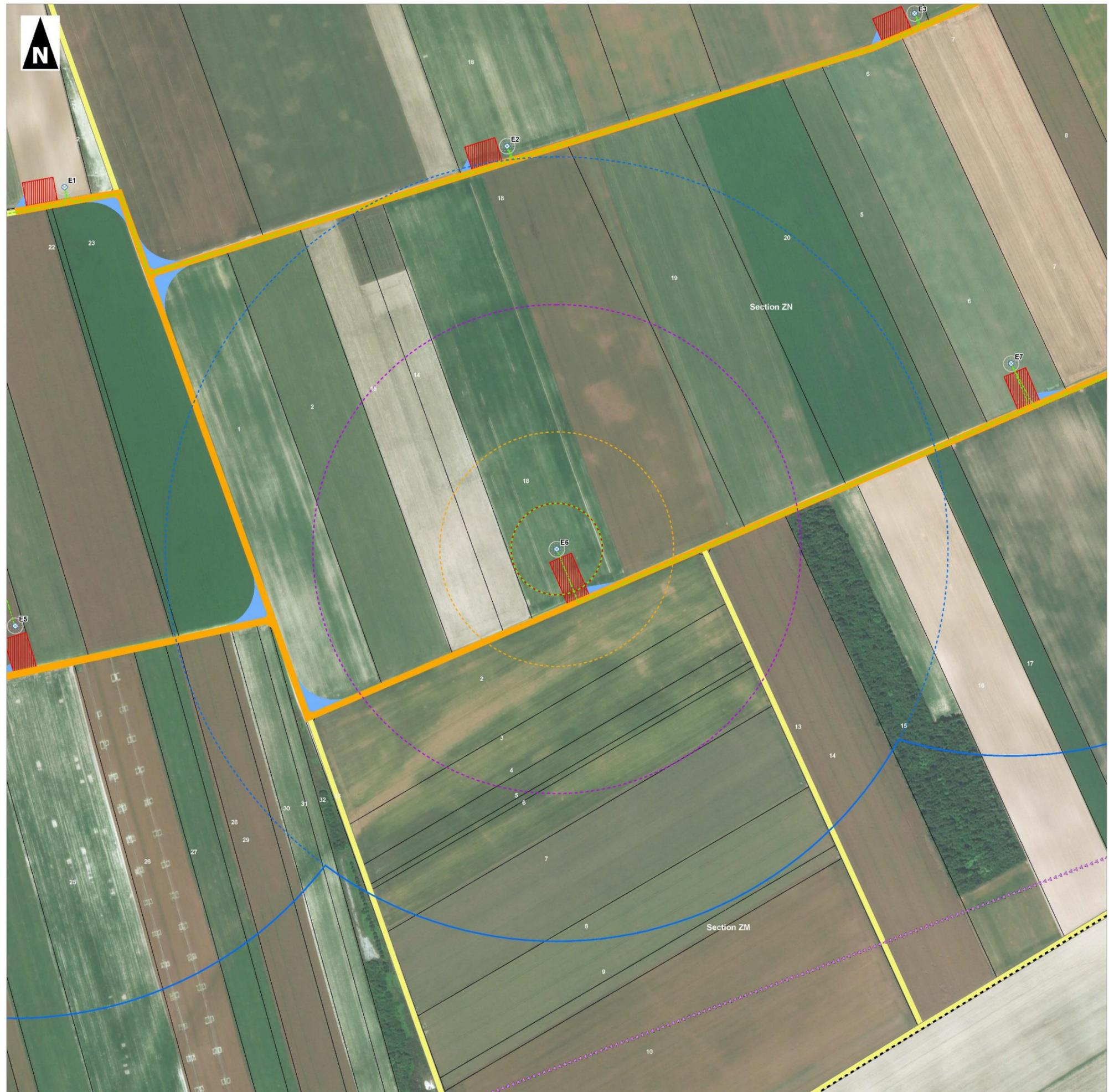
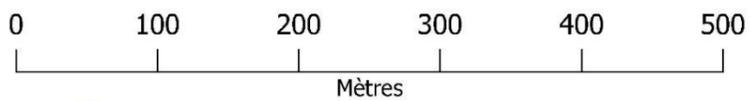
-  Périmètre de 58,4 m de risque de chute d'éléments de l'éolienne
-  Périmètre de 58,4 m de risque de chute de glace
-  Périmètre de 149,4 m de risque d'effondrement de l'éolienne
-  Périmètre de 311,7 m de risque de projection de glace
-  Périmètre de 500 m de risque de projection de pales ou de fragments de pales



- | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|  | Eolienne | Enjeux : | |
|  | Aire d'étude (500 m) | Axes de circulation | |
|  | Poste de livraison |  | Route départementale |
|  | Cablage inter-éoliennes |  | Chemin |
|  | Fondation | Réseaux | |
|  | Plateforme de grutage |  | Réseau ERDF |
|  | Chemin d'accès |  | Réseau Orange |
|  | Virage à créer |  | Oléoduc |
|  | Limite de parcelle | | |
|  | Limite communale | | |

Périmètres de zones d'effet des scénarii :

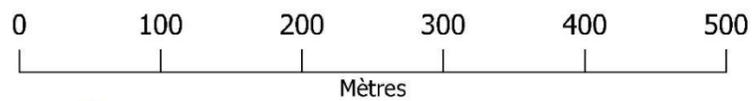
-  Périmètre de 58,4 m de risque de chute d'éléments de l'éolienne
-  Périmètre de 58,4 m de risque de chute de glace
-  Périmètre de 149,4 m de risque d'effondrement de l'éolienne
-  Périmètre de 311,7 m de risque de projection de glace
-  Périmètre de 500 m de risque de projection de pales ou de fragments de pales



- Eolienne
 - Aire d'étude (500 m)
 - Poste de livraison
 - Cablage inter-éoliennes
 - Fondation
 - Plateforme de grutage
 - Chemin d'accès
 - Virage à créer
 - Limite de parcelle
 - Limite communale
- Enjeux :**
- Axes de circulation**
 - Route départementale
 - Chemin
 - Réseaux**
 - Réseau ERDF
 - Réseau Orange
 - Oléoduc

Périmètres de zones d'effet des scénarii :

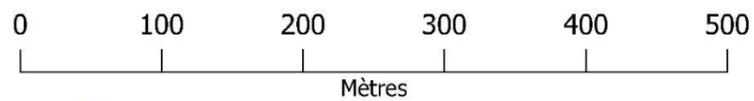
- Périmètre de 58,4 m de risque de chute d'éléments de l'éolienne
- Périmètre de 58,4 m de risque de chute de glace
- Périmètre de 149,4 m de risque d'effondrement de l'éolienne
- Périmètre de 311,7 m de risque de projection de glace
- Périmètre de 500 m de risque de projection de pales ou de fragments de pales



- | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| ⊗ | Eolienne | Enjeux : | |
|  | Aire d'étude (500 m) | Axes de circulation | |
|  | Poste de livraison |  | Route départementale |
|  | Cablage inter-éoliennes |  | Chemin |
|  | Fondation | Réseaux | |
|  | Plateforme de grutage |  | Réseau ERDF |
|  | Chemin d'accès |  | Réseau Orange |
|  | Virage à créer |  | Oléoduc |
|  | Limite de parcelle | | |
|  | Limite communale | | |

Périmètres de zones d'effet des scénarii :

-  Périmètre de 58,4 m de risque de chute d'éléments de l'éolienne
-  Périmètre de 58,4 m de risque de chute de glace
-  Périmètre de 149,4 m de risque d'effondrement de l'éolienne
-  Périmètre de 311,7 m de risque de projection de glace
-  Périmètre de 500 m de risque de projection de pales ou de fragments de pales



1.8.3.4. 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 terrain, tremblements de terre, 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 2. INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

2.1. RESEAUX ELECTRIQUES

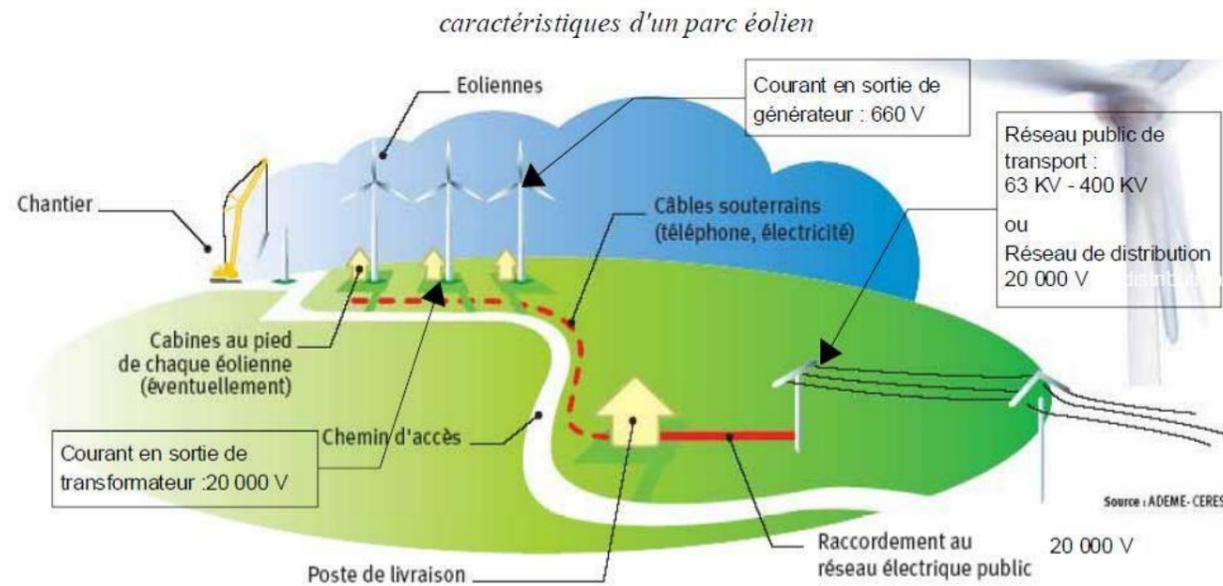


Figure 6. Schéma électrique d'un parc éolien (Source: ADEME)

L'électricité produite en sortie d'éolienne est acheminée vers le poste de livraison par un jeu de câbles enterrés, sous le chemin d'accès, ou en accotement.

Le raccordement électrique des éoliennes vers et depuis le poste de livraison se réalisera par un réseau enterré. Il s'effectue par l'intermédiaire de plusieurs câbles électriques (alimentation et injection) dont la tension est de 20 000 V enterré vers le poste source le long des voiries (routes nationales, départementales et voies communales ou privées).

❖ Caractéristiques électriques des éoliennes

Le générateur convertit l'énergie mécanique en énergie électrique. Il s'agit d'un générateur triphasé, du type quadripolaire à rotor bobiné avec alimentation électrique du stator au démarrage. Le courant est dirigé vers le transformateur élévateur de tension.

En sortie de générateur, le niveau de tension est élevé par un transformateur sec. Le courant de sortie est régulé par des dispositifs électroniques de façon à pouvoir être compatible avec le réseau public.

❖ Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, au point de raccordement avec le réseau public (environ 5 km environ). Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance.

❖ Postes de livraison

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public.

Un poste de livraison est composé de 2 ensembles :

- une partie « électrique de puissance » où l'électricité produite par l'ensemble des éoliennes est livrée au réseau public d'électricité avec les qualités attendues (tension, fréquence, phase) et où des dispositifs de sécurité du réseau permettent à son gestionnaire (ERDF ou RTE) de déconnecter instantanément le parc en cas d'instabilité du réseau ;
- une partie supervision : où l'ensemble des paramètres de contrôle des éoliennes sont collectés dans une base de données, elle-même consultable par l'exploitant du parc.

❖ Réseau électrique externe

Une installation de production raccordée au réseau de distribution d'énergie électrique (réseau HTA) est composée schématiquement d'un poste de livraison assurant l'interface entre le réseau public de distribution inclus dans la concession de distribution et l'installation électrique intérieure. Cette dernière dessert les équipements généraux servant à assurer son bon fonctionnement ainsi que les unités de production proprement dites, avec leurs auxiliaires. Le réseau électrique externe relie le poste de livraison avec le poste source. Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution. Il est lui aussi entièrement enterré.

La partie de réseau entre le poste de livraison et le réseau public, appelé réseau externe ou raccordement, sera réalisé sous maîtrise d'ouvrage du distributeur.

■ TRACES DES CABLES ELECTRIQUES

Le tracé de raccordement inter-éolienne jusqu'aux postes de livraison et externe suivra les chemins existants ou, quand cela s'avère possible, dans des parcelles privées. Le tracé des liaisons électriques inter éolienne apparaît sur les plans réglementaires et plans masse de chaque machine. Le tracé du réseau externe n'est pas déterminé à ce stade. Le tracé définitif sera établi par ERDF une fois les autorisations (permis de construire, autorisation d'exploiter ICPE) obtenues.

Le porteur du projet prévoit une consultation des services de la voirie du Conseil Général en cas de passage des engins ou des câbles à proximité des routes départementales.

■ CARACTERISTIQUES DES CABLES ELECTRIQUES

Les câbles Haute Tension du parc éolien seront formés de 3 conducteurs aluminium dont la section variera du 3x95 mm², 3x150 mm² et 3x240 mm². Les câbles respecteront la norme NFC 33 226 HTA (POPY).

Les composants du câble (gaine comprise) seront :

1. Âme
2. Écran semi-conducteur interne
3. Isolant PR
4. Ecran semi-conducteur sur isolant, cannelé et pelable
5. Poudre d'étanchéité dans les cannelures
6. Écran aluminium posé en long et collé à la gaine
7. Gaine Polyéthylène. La gaine est de couleur rouge pour les liaisons souterraines et de couleur grise pour les liaisons en galerie technique, aériennes ou aéro-souterraines
8. Assemblage possible sous forme de torsade à pas long

Le réseau sera enfoui dans le sol à une profondeur comprise entre 80 et 120 cm.

Chaque liaison sera équipée de fibre optique. La télégestion du parc éolien sera ainsi assurée par le biais des fibres optiques.

Les câbles sont positionnés dans des fourreaux (orange) pour les protéger. Les fourreaux reposeront sur une couche de sable puis recouvert par un grillage avertisseur. La tranchée sera comblée avec de la terre végétale.

2.2. RACCORDEMENT EXTERNE AU RESEAU 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.

La partie de réseau entre les postes de livraison et le réseau public, appelé réseau externe ou raccordement, sera réalisé sous maîtrise d'ouvrage du distributeur.

Le raccordement s'effectuera en 20 000 V vers le poste source le long des voiries (Route Nationale, Départementale et Voie Communale et privée) dont le tracé n'est pas déterminé à ce stade. L'étude exploratoire pour le raccordement, est à réaliser par le gestionnaire du réseau. Le tracé et les caractéristiques de raccordement seront définis avec précision lors de l'étude détaillée, qui ne pourra être réalisée que lors de la demande de PTF qui aura lieu après l'obtention des autorisations administratives.

2.3. RESPECT DES NORMES TECHNIQUES

Conformément à l'article 6 du décret du 2 mai 2014 l'exploitant s'engage à respecter la conformité des liaisons électriques intérieures avec la réglementation technique en vigueur.

Les postes de livraison respecteront les normes suivantes : NFC 13-100, NFC 13-200 et NFC 15-100.

Les câbles respecteront la norme NFC 33 226 HTA (POPY).

2.4. QUALIFICATION DU PERSONNEL

Le décret n°88-1056 du 14 novembre 1988 (consolidé au 22 juin 2001) pris pour l'exécution des dispositions du livre II du code du travail (titre III : Hygiène, sécurité et conditions du travail) en ce qui concerne la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques, indique dans la section VI les règles de protection des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques.

Le personnel sera qualifié pour l'intervention sur les équipements électriques.

Les procédures et formations du personnel en charge de l'installation des équipements seront conformes à la norme NFC 18-510 pour les installations basse tension et haute tension.

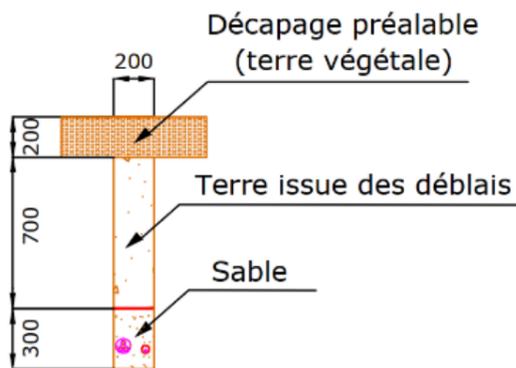
Au moment du chantier, un plan de prévention sera mis en place pour identifier par thèmes les risques liés au chantier et mettre en place des actions pour les éviter.

2.5. COUPES-TYPES DE TRANCHEES

Vous trouverez ci-après les coupes des différents types de tranchées amenées à être créées au cours du projet

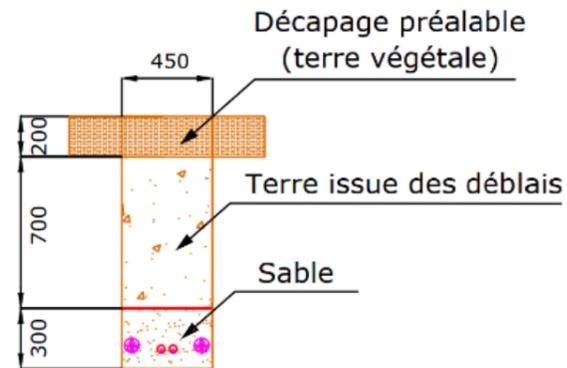
Coupe type A

traversée pleine terre
1 seul câble



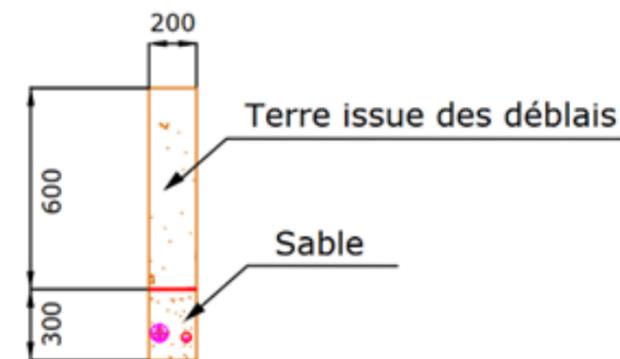
Coupe type B

traversée pleine terre
2 câbles



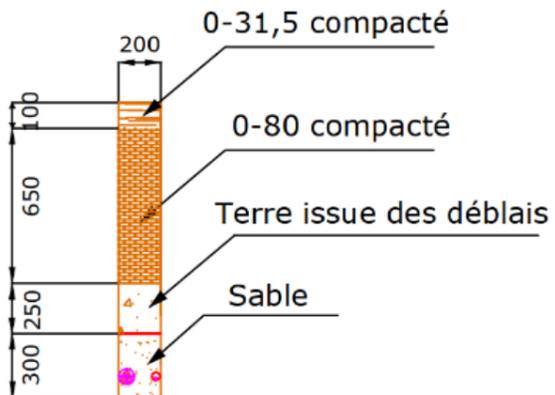
Coupe type E

sous accotement voie / chemin
1 seul câble



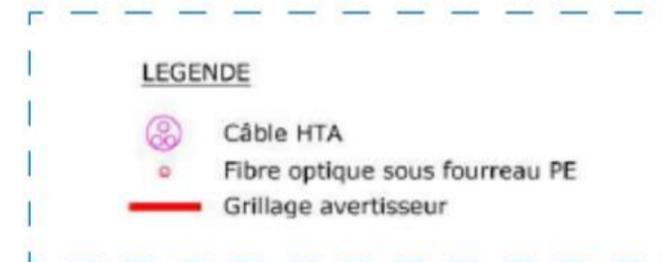
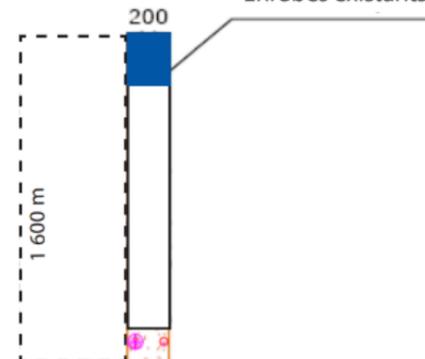
Coupe type H

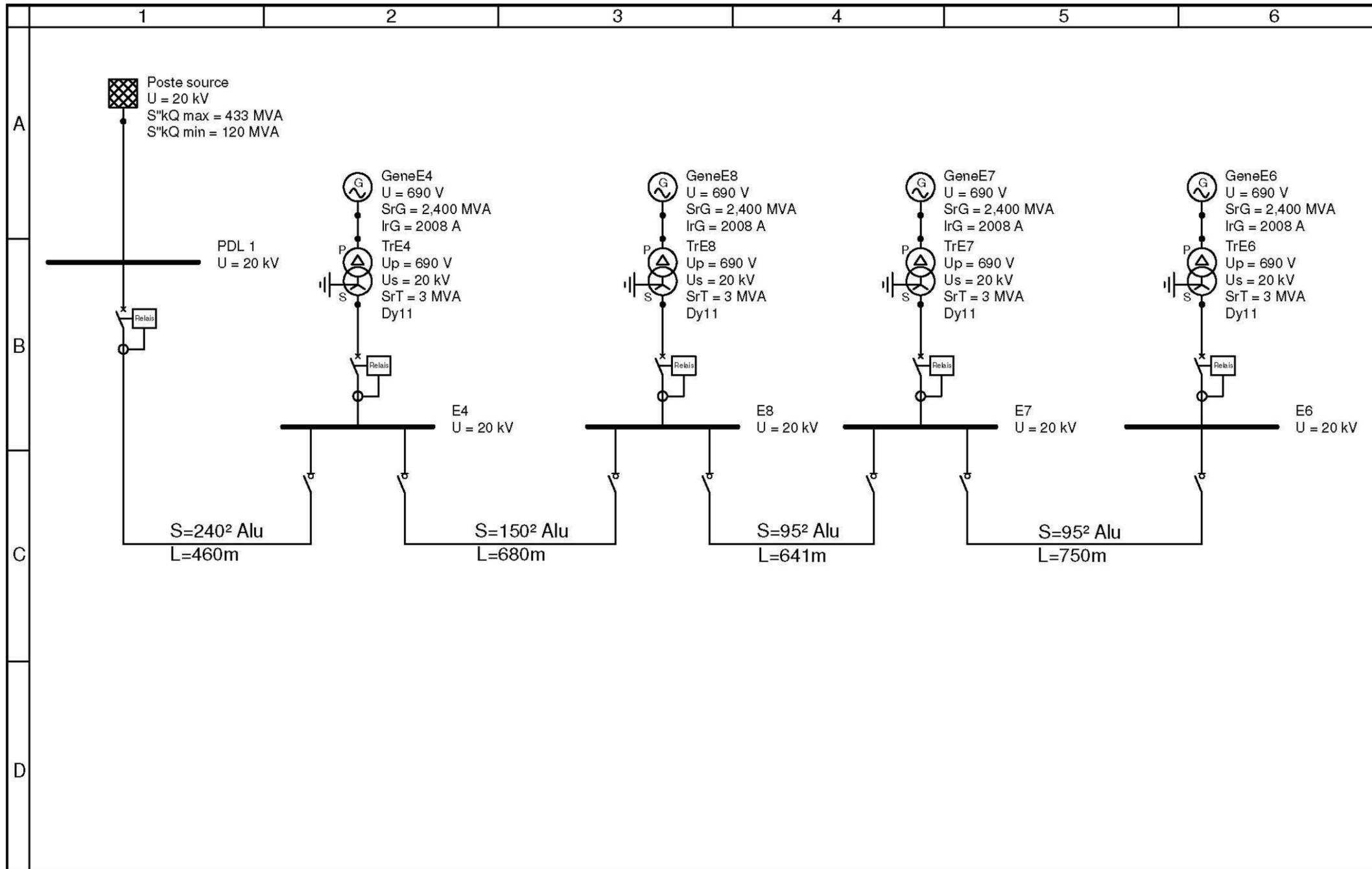
traversée voie / chemin
1 seul câble



Coupe type D

traversée par fonçage (ou forage) sous route
1 seul câble
Enrobés existants





SEL	PE de BANNES				
	Etude Caneco électrique réseau HT				
		Version 1	AFFAIRE N°	Num Affaire	Folio
		MODIFICATIONS	PLAN N°	Num Plan	1 / 1
		Date : 16 06 2016	Fichier : Fichier		

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 Gütsch : 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 : GUIDE TECHNIQUE INERIS

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	Néviau - 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 CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 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 CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escalles-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-

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		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de 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	Sectionnement 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)	-

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 manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 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	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)

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	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
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 sur vitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballlement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, sur vitesse 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	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-

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'emballement 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'emballement 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 dispersa 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'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 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_{ERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

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

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

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

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

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

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

Evènement 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