



Tauw



Parc éolien EOLE Extension Sud Marne

Communes d'Angluzelles-et-Courcelles, de Corroy, de Faux-Fresnay, de Gourgançon et d'Ognes (51)

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale

Pièce 5.1 : Etude de dangers

Octobre 2020



Fiche contrôle qualité

Intitulé de l'étude	Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale - Pièce n°5 : Etude de dangers
Client	TTR Energy
Site	Parc éolien EOLE Extension Sud Marne
Interlocuteur	Gwendoline DELTOUR et Valentin LECLERCQ
Adresse du site	19 avenue Charles de gaulle 08300 RETHEL
Email	gwendoline@ttrenergy.com / valentin@ttrenergy.com
Téléphone	06 32 21 90 10 / 07 51 67 32 90
Référence du document	R003-1617523LIZ-V01
Date	Octobre 2020
Superviseur	Maxime LARIVIERE
Responsable d'étude	Alexandre QUENNESON
Rédacteur(s)	Alexandre QUENNESON

Coordonnées

Tauw France - Agence de Douai
Ecopark
141, rue Simone de Beauvoir
59450 Sin Le Noble
T +33 32 70 88 181
E info@tauw.fr
Email : info@tauw.fr

Tauw France est membre de Tauw Group bv – Représentant légal : Mr. Eric MARTIN
www.tauw.com

Gestion des révisions

Version	Date	Statut	Pages	Annexes
1	Octobre 2020	Création de document	149	5



Table des matières

1	Introduction.....	8
1.1	Objectifs de l'étude.....	8
1.2	Contexte législatif et réglementaire.....	8
1.3	Nomenclature.....	10
2	Informations générales concernant l'installation	12
2.1	Renseignements administratifs – Identité de l'exploitant	12
2.2	Groupe de travail.....	13
2.3	Localisation du site.....	13
2.4	Définition de la zone sur laquelle porte l'étude de dangers	13
3	Description de l'environnement de l'installation.....	16
3.1	Introduction	16
3.2	Environnement humain	16
3.2.1	Zones urbanisées.....	16
3.2.2	Etablissements recevant du public	17
3.2.3	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)	18
3.2.4	Autres activités.....	18
3.3	Environnement naturel	20
3.3.1	Contexte climatique.....	20
3.3.2	Risques naturels	24
3.4	Environnement matériel	28
3.4.1	Voies de communication.....	28
3.4.2	Réseaux publics et privés	31
3.4.3	Autres ouvrages publics.....	34
3.4.4	Radars.....	34
3.4.5	Synthèse de l'analyse des activités environnantes comme facteur d'agression	34
3.5	Cartographies de synthèse	34
3.6	Identification des cibles.....	37
4	Description de l'installation	39
4.1	Introduction - caractéristiques de l'installation	39
4.1.1	Caractéristiques générales d'un parc éolien.....	39



4.1.2	Aérogénérateurs	40
4.1.3	Emprise au sol	41
4.1.4	Chemins d'accès.....	42
4.1.5	Raccordement électrique	43
4.2	Description du parc	45
4.2.1	Nature de l'activité.....	45
4.2.2	Composition du parc éolien.....	45
4.2.3	Description et caractéristique des aérogénérateurs retenus	46
4.2.4	Les voies d'accès.....	46
4.2.5	Le raccordement au réseau électrique.....	48
4.2.6	Autres installations	48
4.2.7	Sécurité de l'installation	48
4.2.8	Moyens de lutte contre les dangers	50
4.2.9	Opérations de maintenance de l'installation	50
4.2.10	Stockage et flux de produits dangereux.....	52
5	Identification des potentiels de dangers de l'installation.....	53
5.1	Potentiels de dangers liés aux produits	53
5.2	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation.....	53
5.3	Réduction des potentiels de dangers à la source	54
5.3.1	Principales actions préventives.....	54
5.3.2	Utilisation des meilleures techniques disponibles	55
6	Analyse des retours d'expérience	56
6.1	Introduction	56
6.2	Inventaire des accidents et incidents en France	56
6.3	Inventaire des accidents et incidents à l'international	58
6.4	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience.....	60
6.4.1	Analyse de l'évolution des accidents en France	60
6.4.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	61
6.5	Limites d'utilisation de l'accidentologie	62
7	Analyse préliminaire des risques.....	63
7.1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	63
7.2	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....	63



7.3	Recensement des agressions externes potentielles.....	64
7.3.1	Agressions externes liées aux activités humaines.....	64
7.3.2	Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	65
7.4	Scénarii étudiés dans l’analyse préliminaire des risques.....	66
7.5	Effets dominos	69
7.6	Mise en place des mesures de sécurité.....	70
7.7	Conclusion de l’analyse préliminaire des risques	77
8	Etude détaillée des risques	78
8.1	Objectif de l’analyse détaillée des risques	78
8.2	Rappel des définitions.....	78
8.2.1	Cinétique.....	78
8.2.2	Intensité.....	79
8.2.3	Gravité.....	80
8.2.4	Probabilité	80
8.2.1	Acceptabilité des risques	83
8.2.2	Caractéristiques retenues des éoliennes.....	84
8.3	Caractérisation des scénarii retenus.....	85
8.3.1	Effondrement de l’éolienne	85
8.3.2	Chute de glace.....	91
8.3.3	Chute d’éléments de l’éolienne.....	96
8.3.4	Projection de pales ou de fragments de pales.....	101
8.3.5	Projection de glace.....	107
8.1	Synthèse de l’étude détaillée des risques.....	112
8.1.1	Tableaux de synthèse des scénarii étudiés	112
8.1.2	Synthèse de l’acceptabilité des risques	112
8.1.3	Cartographie des risques.....	113
9	Conclusion.....	129
10	Limites de validité de l’étude	130
Annexe 1	Glossaire	131
Annexe 2	Bibliographie et références utilisées	135

Annexe 3	Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne.....	137
Annexe 4	Accidentologie française – filière éolienne	140
Annexe 5	Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques (APR)	144

Pièce 5.1 : Etude de dangers

Pièces	Sous-partie	Descriptif du contenu	Pièces identifiées dans le Cerfa N°15964*01
Pièce 1 : Lettre de la demande et Cerfa	/	Lettre de la Demande Cerfa 15964*01	
Pièce 2 : Check-list	/	Check-list de complétude d'un dossier de demande d'autorisation environnementale d'une installation classée pour la protection de l'environnement - Parcs éoliens	
Pièce 3 : Description de la demande ou Présentation générale	/	Informations sur le demandeur et sur le projet : <ul style="list-style-type: none"> • Description complémentaire du projet et du demandeur : <ul style="list-style-type: none"> . Données administratives du demandeur, . Description du projet, . Emplacement de l'installation, . Nature et volume des activités, . Capacités techniques et financières du demandeur, • Garanties financières • Dispositions de remise en état et démantèlement. 	P.J. n°46 P.J. n°47 P.J. n°60 P.J. n°104
Pièce 4 : Etude d'impact Et Résumé non technique de l'étude d'impact	4-1 4-2	Etude d'impact (cf. Articles R 181-13-5 et R. 122-5-II du code de l'Environnement) Résumé non technique de l'étude d'impact	P.J. n°4 P.J. n°46 P.J. n°104
Pièce 5 : Etude de dangers et Résumé non technique de l'étude de danger	5-1 5-2	Etude de dangers Résumé non technique de l'étude de danger	P.J. n°49
Pièce 6 : Conformité d'urbanisme	/	Conformité du projet aux règlements d'urbanisme	P.J. n°64
Pièce 7 : Cartes et Plans réglementaires	/	Cartes et plans réglementaires	P.J. n°1 P.J. n°2 P.J. n°48
Pièce 8 : Accords et avis consultatifs	8-1 8-2	Avis DGAC – Météo-France – Défense - etc. Protocoles et avis de démantèlement	P.J. n°62 P.J. n°63 P.J. n°65
Pièce 9	/	Note de présentation non technique	P.J. n°7



1 Introduction

La présente étude a été réalisée dans le cadre du dépôt d'une demande d'autorisation environnementale pour la construction, le raccordement et l'exploitation du projet Extension Sud Marne (15 éoliennes d'une puissance unitaire de 4,5 MW au maximum et de 5 postes de livraison électrique regroupés en 3 structures), situés sur les communes d'Angluzelles-et-Courcelles, de Corroy, de Faux-Fresnay, Gourgançon et Ognès, dans le département de la Marne (51), en région Grand-Est.

1.1 Objectifs de l'étude

Suite à la publication de l'arrêté du 26 août 2011 et à l'article L311-1 du Code de l'Energie du 17 août 2015 relatifs aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent et aux procédures qui leur sont applicables, l'article D181-15-2 du Code de l'Environnement, modifié par Décret n°2017-609 du 24 avril 2017 - art. 4, EOLE Extension Sud Marne est tenue de réaliser un dossier de Demande d'Autorisation Environnementale pour le projet Extension Sud Marne (51) compte tenu de la hauteur des 15 machines (200 mètres maximum en bout de pale et puissance de 4,5 MW). Cette étude comprend notamment la réalisation d'une étude de dangers, objet du présent rapport.

La présente étude exposera d'une part les dangers que peut présenter le projet en cas d'accidents. Elle s'attachera à présenter les accidents susceptibles d'intervenir, que leur cause soit d'origine interne ou externe, en décrivant la nature et l'extension des conséquences qu'aurait un accident éventuel. Elle s'attachera également à définir et justifier les mesures adoptées par le projet Extension Sud Marne pour réduire la probabilité et les effets d'un accident.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le projet Extension Sud Marne, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable.

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

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

1.2 Contexte législatif et réglementaire

Selon le Code de l'Environnement (Art. L. 181-25 créé par l'Ordonnance n°2017-80 du 26 janvier 2017 - art. 1), le demandeur fournit une étude de dangers qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

« Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation »

« En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite ».

« Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents. »
Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'Environnement relative aux installations classées.

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarii d'accidents majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

Ce contenu est défini par l'article D181-15-2 du Code de l'Environnement, modifié par le Décret n°2017-609 du 24 avril 2017 - art. 4.

« L'étude de dangers 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.

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 la vulnérabilité des intérêts mentionnés à l'article L. 181-3.

Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. Dans le cas des installations figurant sur la liste prévue à l'article L. 515-8, le pétitionnaire doit fournir les éléments indispensables pour l'élaboration par les autorités publiques d'un plan particulier d'intervention.

L'étude comporte, notamment, un résumé non technique explicitant la probabilité et la cinétique des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie agrégée par type d'effet des zones de risques significatifs.

Le ministre chargé des installations classées peut préciser les critères techniques et méthodologiques à prendre en compte pour l'établissement de l'étude de dangers, par arrêté pris dans les formes prévues à l'article L. 512-5 ».

Le **guide de rédaction des études de dangers de parcs éoliens réalisé par l'Ineris** (version finale de Mai 2012) prévoit le contenu suivant :

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

1.3 Nomenclature

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

A. – Nomenclature des installations classées			
N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C (1)	RAYON (2)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m.....	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée :		
	a) Supérieure ou égale à 20 MW.....	A	6
	b) Inférieure à 20 MW.....	D	

(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement.
(2) Rayon d'affichage en kilomètres.

Tableau 1 : Nomenclature des installations classées

Le projet Extension Sud Marne comprend 15 éoliennes. Deux modèles d'éoliennes ont été retenus pour le projet Extension Sud Marne :

- **la Vestas V150 de 4,2 MW,**
- **et la Nordex N149 de 4,5 MW.**

Cette installation est soumise à autorisation (A) au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et doit donc présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

2 Informations générales concernant l'installation

2.1 Renseignements administratifs – Identité de l'exploitant

RAISON SOCIALE	Eole Extension Sud Marne
FORME JURIDIQUE	SAS
REPRESENTE PAR	Olivier AYMARD, directeur général
CAPITAL SOCIAL	8 110 €
N° SIRET	805 383 171 RCS Sedan
CODE NAF	3511Z
SECTEUR D'ACTIVITE	Production d'électricité
CATEGORIE D'ACTIVITE	Exploitation des installations de production d'électricité d'origine thermique, nucléaire, hydroélectrique, par turbine à gaz, par centrale diesel, à partir d'autres sources d'énergies renouvelables, etc.
COORDONNEES DU SIEGE SOCIAL	19 avenue Charles de Gaulle 08300 RETHEL
COORDONNEES DU SITE	Eole Extension Sud Marne Communes de : Angluzelles-et-Courcelles, Faux-Fresnay, Corroy, Gourgançon et Oignes (51)
DOSSIER SUIVI PAR	Valentin LECLERCQ et Gwendoline DELTOUR, chargé de projet
TELEPHONE	03.87.05.27.39

2.2 Groupe de travail

Une équipe de travail a été constituée pour procéder à l'identification des dangers et des enjeux associés au projet. Sa composition et les compétences transverses sont reprises dans le Tableau 2.

Entité	Représentant	Compétence/Responsabilité
Exploitant / Maître d'œuvre / Ingénierie technique	EOLE Extension Sud Marne	
	Valentin LECLERCQ	Chargé de projet
	Gwendoline DELTOUR	
Ingénierie Environnementale	Maxime LARIVIERE	Chef de projets
	Alexandre QUENNESON	Ingénieur environnement

Tableau 2 : Composition du groupe de travail

2.3 Localisation du site

Le projet Extension Sud Marne se situe sur les communes d'Angluzelles-et-Courcelles, de Corroy, de Faux-Fresnay, de Gourgançon et d'Ognes, dans le département de la Marne (51), en région Grand-Est.

Le lieu d'implantation de chaque éolienne est actuellement occupé par des terrains agricoles. La localisation du site retenu est présentée sur la carte en page suivante.

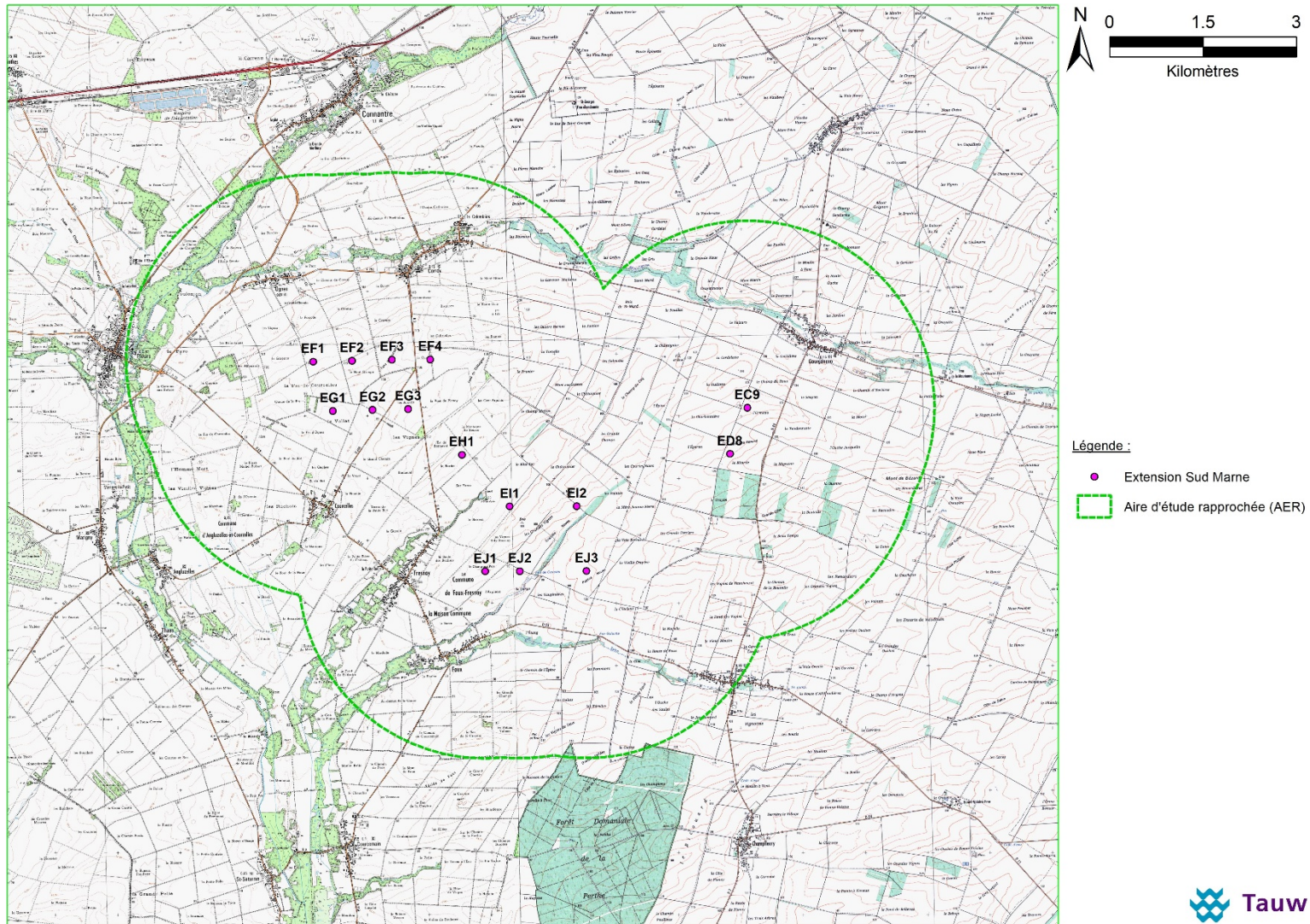
2.4 Définition de la zone sur laquelle porte l'étude de dangers

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 (cf. carte 2). Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 8.3.4 de l'étude de dangers (zone d'effet de projection de pale ou de fragments de pale).

Etant donné la relative proximité spatiale des différentes éoliennes constituant le projet Extension Sud Marne, l'environnement sera étudié dans une aire d'étude globale reprenant les 15 aires d'études constituées autour de chaque éolienne.

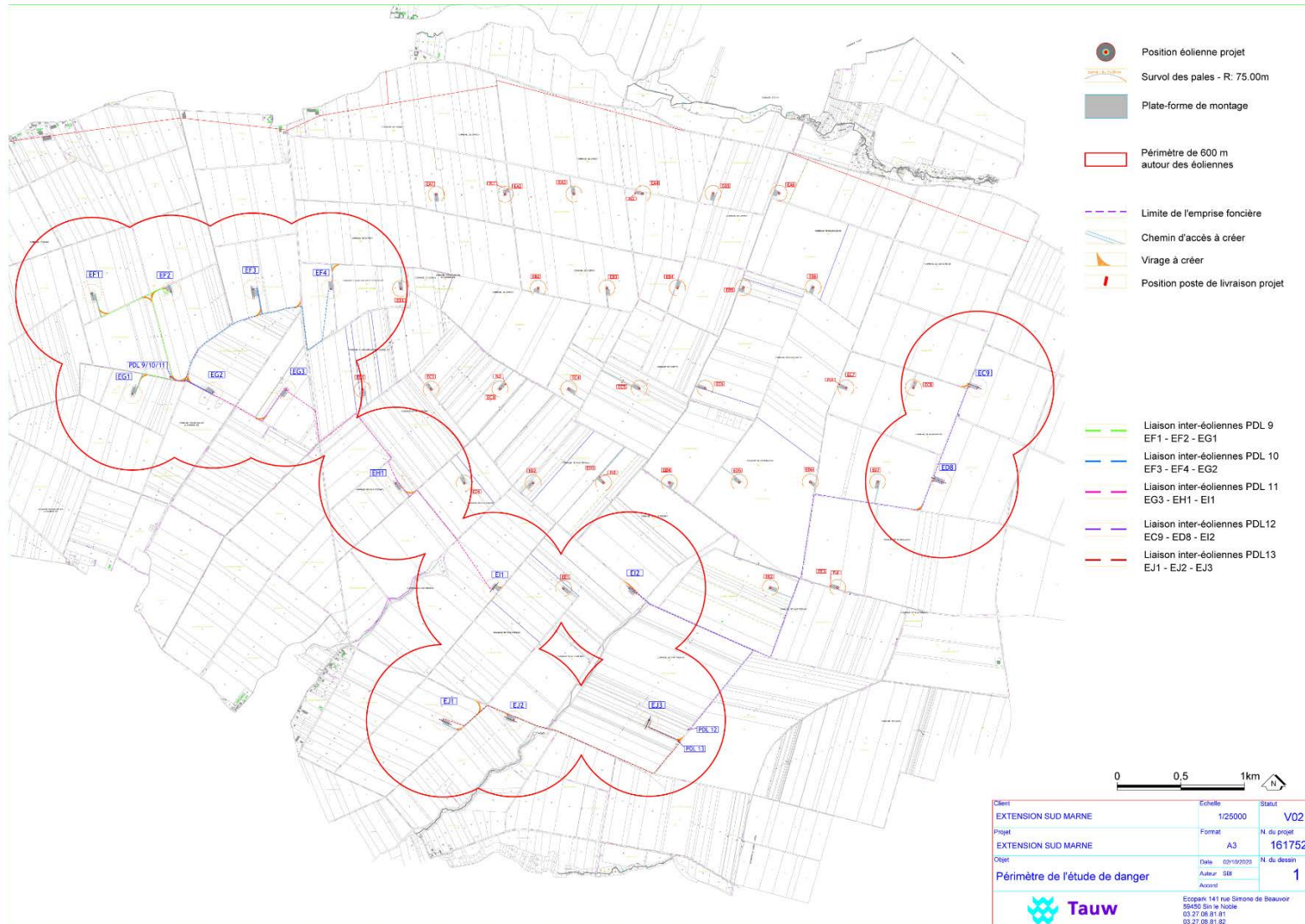
La zone d'étude n'intègre pas les environs des postes de livraison, qui seront néanmoins représentés sur les cartes. Les expertises réalisées dans le cadre de la rédaction du guide de l'étude de dangers, version de mai 2012, ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

Pièce 5.1 : Etude de dangers



Carte 1 : Localisation géographique du site d'implantation – Source : IGN

Pièce 5.1 : Etude de dangers



Carte 2 : Périmètre de l'étude de dangers – Source : Tauw France

3 Description de l'environnement de l'installation

3.1 Introduction

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). Ces données sont issues du chapitre 4 de l'étude d'impact.

3.2 Environnement humain

3.2.1 Zones urbanisées

Les éoliennes se situent en zone agricole où les habitations sont inexistantes dans le périmètre d'étude immédiate.

En tenant compte des éoliennes les plus distantes du centre du projet, les habitations et les zones constructibles au sens des documents d'urbanisme les plus proches du projet se situent à :

Habitation	Eolienne la plus proche	Commune de l'habitation la plus proche	Distance la plus faible entre l'éolienne et l'habitation la plus proche (mètres)
Zone à prédominance d'habitat	EF1	Ognes	1 257
Zone à prédominance d'habitat	EF2	Corroy	1 365
Zone à prédominance d'habitat	EF3	Corroy	1 247
Zone à prédominance d'habitat	EF4	Corroy	1 267
Zone à prédominance d'habitat	EG1	Angluzelles-et-Courcelles	1 263
Zone à prédominance d'habitat	EG2	Angluzelles-et-Courcelles	1 407
Zone à prédominance d'habitat	EG3	Angluzelles-et-Courcelles	1 734
Zone à prédominance d'habitat	EH1	Faux-Fresnay	1 167
Zone à prédominance d'habitat	EI1	Faux-Fresnay	1 214
Zone à prédominance d'habitat	EI2	Faux-Fresnay	2 258
Zone à prédominance d'habitat	EJ1	Faux-Fresnay	930
Zone à prédominance d'habitat	EJ2	Faux-Fresnay	1 092
Zone à prédominance d'habitat	EJ3	Faux-Fresnay	1 843
Zone à prédominance d'habitat	EC9	Gourgançon	1 255
Ferme le Beau Temps	ED8	Salon	1 446

Tableau 3 : Distances entre les éoliennes et les premières zones construites et constructibles – Source : Tauw France

Toutes les habitations se situent à une distance minimale de 930 mètres du pied des éoliennes les plus proches (en gras dans le tableau). Les habitations les plus proches se situent sur la commune de Faux-Fresnay, à l'ouest de l'éolienne EJ1.

Le projet éolien est conforme à l'arrêté du 26 août 2011 qui prévoit un éloignement d'au moins 500 m entre chaque éolienne et les habitations existantes ou futures les plus proches.

3.2.2 Etablissements recevant du public

Il y a quelques **établissements recevant du public** sur les communes d'Angluzelles-et-Courcelles, d'Ognes, de Corroy, de Gourgançon et de Faux-Fresnay.

Le site Internet <http://www.zones-activites.net> ne recense aucune zone commerciale, zone d'activité intercommunale et parc d'activité d'intérêt départemental (PAID) sur les communes concernées par l'aire d'étude rapprochée.

A noter la présence de quelques petits commerces dans les villages voisins au site d'implantation du projet de parc éolien Extension Sud Marne.

Les Etablissements Recevant du Public (ERP) présents sur l'ensemble des communes de l'aire d'étude rapprochée sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Commune concernée	Nom ou Raison Sociale	Adresse	Distance de l'éolienne la plus proche	Orientation
Angluzelles-et-Courcelles	Mairie 25m ² , 12 personnes	1 rue Superbe	5,2 km	Ouest
	Ecuries de la Fontaine Saint Marcoult	15 rue Superbe	5,2 km	Ouest
Corroy	Locaux Mairie	Place de la Mairie	1,2 km	Nord-ouest
	Salle des fêtes	Grande rue	1,2 km	Nord-ouest
	SCI du lavoir	Lieudit le Moulin	1,4 km	Nord-ouest
Faux-Fresnay	Mairie/Salle communale	Chemin départementale n°9	2,6 km	Sud-ouest
Gourgançon	Salle de réunion 70 m ² , 50 personnes	5 rue de l'Eglise	1,5 km	Nord-est
	Mairie 60 m ²	5 rue de l'Eglise	1,5 km	Nord-est
	Eglise 250 m ² , 150 personnes	5 rue de l'Eglise	1,5 km	Nord-est
Ognes	Mairie 36 m ² 20 personnes	17 rue principale	3,5 km	Nord-ouest
	Eglise 180 m ² 100 personnes	Rue principale	3,5 km	Nord-ouest
	Salle polyvalente (ancienne classe d'école) 53 m ² 50 personnes	17 rue principale	3,5 km	Nord-ouest
Pleurs	Salle des fêtes	56 rue du Général Leclerc	5 km	Ouest
	Restaurant "Cheval Gris"	2 rue de la libération	5,1 km	Ouest
	Restaurant de la Paix	4 rue du Général Leclerc	5,1 km	Ouest
	Groupe Scolaire	3-5 rue de l'église	5,2 km	Ouest
	Gîte rural des Trelles	10 rue Haute Baudoin	5,3 km	Ouest

Tableau 4 : Liste des Etablissements Recevant du Public (ERP) dans l'aire d'étude immédiate du futur projet - Source : Préfectures de l'Aube et de la Marne

Tous ces établissements recevant du public sont situés dans les bourgs des communes environnantes, soit à plus de 930 m des éoliennes.

On peut considérer que la sensibilité du voisinage par rapport au projet éolien Extension Sud Marne est faible.

3.2.3 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

30 installations classées pour la protection de l'environnement sont recensées sur les communes concernées par le rayon d'affichage autour du projet (rayon de 6 km autour des éoliennes).

L'ICPE la plus proche du parc éolien est le parc Sud Marne développé par les mêmes actionnaires qu'Eole Extension Sud Marne. La plus courte distance entre l'éolienne EH1 et le parc voisin accordé est de 541 mètres.

Le site SEVESO de bas seuil le plus proche est situé à 17,5 km du projet du parc éolien, il s'agit de la société SCARA implantée sur la commune de Villette-sur-Aube. Un site SEVESO à haut seuil est localisé à 4,5 km du projet du parc éolien, il s'agit de l'entreprise TEREOS.

Conformément à l'arrêté ministériel du 26 août 2011, les éoliennes sont donc situées à plus de 300 mètres de toute installation nucléaire de base et de toute installation SEVESO.

3.2.4 Autres activités

L'ensemble des données provient **des inventaires communaux réalisés en 2015** par l'INSEE et des renseignements collectés auprès des communes.

Les activités agricoles sont développées dans un chapitre particulier.

➤ **Activités économiques**

Les cinq communes du projet ont au total 130 entreprises sur leurs sols. Le détail de la nature de ces entreprises est repris dans le tableau ci-dessous.

Nombre d'entreprises par secteur d'activité	Angluzelles-et-Courcelles	Corroy	Ognes	Faux-Fresnay	Gourgançon
Ensemble	19	28	13	33	37
Agriculture, sylviculture et pêche	7	11	9	21	22
Industrie	2	3	1	4	7
Construction	2	2	1	1	2
Commerce, transports, services divers	7	11	1	6	4
dont commerce et réparation automobile	5	3	0	8	0
Administration publique, enseignement, santé, action sociale	1	1	1	1	2

Tableau 5 : Nombre d'entreprises par secteur d'activité - Source : INSEE

3.2.4.1 Activité agricole

L'activité agricole des quatre communes a été analysée à partir des recensements agricoles AGRESTE 1988, 2000 et 2010.

3.2.4.2 Occupation des sols

Le tableau suivant présente la **Surface Agricole Utilisée (S.A.U.)**, la surface de terres labourables, le cheptel, les terres toujours en herbe, le nombre d'exploitations et le travail dans les exploitations agricoles.

Notons que la S.A.U. ne correspond pas nécessairement à la surface effectivement occupée par l'agriculture sur l'ensemble de la commune. En effet, la S.A.U se rapportant aux exploitants qui ont leur siège dans la commune, celle-ci ne tient pas compte des terres exploitées par l'agriculteur de l'extérieur et inversement, elle inclut des terrains extérieurs aux communes, mais exploités par des agriculteurs dont le siège d'exploitation est situé dans la commune.

Communes	Angluzelles-et-Courcelles			Corroy			Ognes		
	2010	2000	1988	2010	2000	1988	2010	2000	1988
Années									
Exploitations agricoles (ayant leur siège dans la commune)	13	15	20	10	14	22	10	11	14
Travail dans les exploitations agricoles (en unité de travail annuel)	16	17	20	18	21	36	14	14	20
Superficie agricole utilisée (en hectare)	1100	1062	1056	1245	1480	1938	982	874	853
Cheptel (en unité de gros bétail, tous aliments)	50	31	77	0	3	5	88	64	172
Orientation technico économique de la commune	Cultures générales			Cultures générales			Cultures générales		
Superficie en terres labourables (en hectares)	1098	1060	1046	1245	1480	1935	928	867	841
Superficie en cultures permanentes (en hectares)	0	0	0	0	0	0	s	0	0
Superficie toujours en herbe (en hectares)	s	1	9	0	s	0	s	s	11

Communes	Gourgançon			Faux-Fresnay		
	2010	2000	1988	2010	2000	1988
Années						
Exploitations agricoles (ayant leur siège dans la commune)	16	16	18	17	21	33
Travail dans les exploitations agricoles (en unité de travail annuel)	26	32	43	21	26	49
Superficie agricole utilisée (en hectare)	2702	2595	2461	2198	2379	2423
Cheptel (en unité de gros bétail, tous aliments)	158	85	122	59	95	137
Orientation technico économique de la commune	Cultures générales			Cultures générales		
Superficie en terres labourables (en hectares)	2693	2582	2457	2194	2326	2348
Superficie en cultures permanentes (en hectares)	0	0	0	s	0	0
Superficie toujours en herbe (en hectares)	s	12	2	0	s	51

Tableau 6 : Caractéristiques des activités agricoles sur les communes du projet en 2010

Le nombre d'exploitants agricoles sur les communes du projet n'a cessé de diminuer depuis 1988, alors que la superficie agricole utilisée ainsi que la superficie en terres labourables ont augmenté pour les communes d'Angluzelles-et-Courcelles et d'Ognes. Elles ont légèrement diminué pour Corroy et Faux-Fresnay depuis 1988.

Pour Gourgançon, le contexte est différent avec un certain maintien des exploitations et une progression de sa superficie agricole utilisée et sa superficie en terres labourables.

Parallèlement, la superficie toujours en herbe a fortement diminué et a quasiment disparu depuis 1988.

On note également que le cheptel a fortement diminué de 43 à 67% et il a disparu pour la commune de Corroy entre 1988 et 2010.

3.3 Environnement naturel

3.3.1 Contexte climatique

Les données climatiques recueillies proviennent de la station météorologique de Frignicourt (51) située à environ 45 kilomètres à l'est du site d'implantation des éoliennes. Les données sont fournies sur la période : 1974 à 2000. Ces données climatiques ont été choisies car elles reflètent les paramètres climatiques du secteur marnais auquel appartient le projet.

3.3.1.1 Températures

Le tableau qui suit rassemble cinq températures caractéristiques en °C :

- T1 : la température mensuelle moyenne ;
- T2 : le maximum absolu des températures ;
- T3 : la moyenne des températures maximales ;
- T4 : la moyenne des températures minimales ;
- T5 : le minimum absolu des températures.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T ₁	2.9	3.7	6.8	9.3	13.6	16.6	18.8	18.6	15.2	11.1	6.3	4.1
T ₂	16.6	19.8	23.1	27.4	31.8	35.0	38.1	40.3	32.8	28.8	21.3	19.2
T ₃	5.8	7.4	11.3	14.7	19.1	22.1	24.9	24.9	20.7	15.5	9.6	6.8
T ₄	0.0	0.0	2.3	4.0	8.1	11.0	12.7	12.3	9.7	6.7	2.9	1.4
T ₅	-22.0	-14.8	-11.1	-4.9	-1.5	2.3	5.3	4.1	1.2	-3.7	-10.7	-16.0

Tableau 7 : Températures caractéristiques Source : Station de Frignicourt (1974-2000)

Ce tableau nous permet de tracer les courbes suivantes :

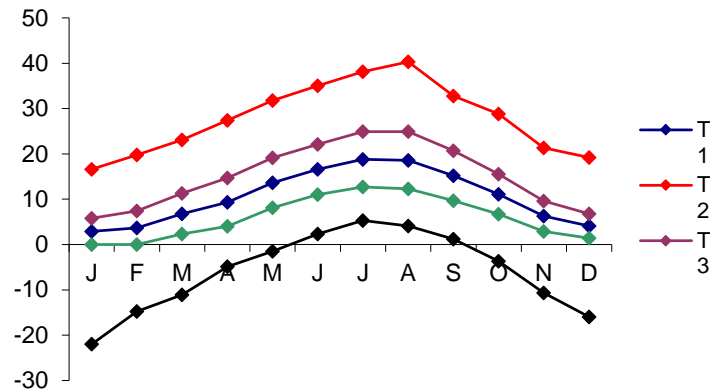


Tableau 8: Evolution des températures caractéristiques sur une année - Source : Station de Frignicourt (1974-2000)

Les hivers et les étés sont doux. En effet, en hiver, les températures moyennes restent positives ainsi que la moyenne des températures minimales. Le mois le plus froid est janvier avec une température moyenne de 2.9°C. En été, la température moyenne maximale est atteinte au mois de juillet avec 18.6°C

Toutefois, des pics de froids et de chaleurs peuvent être observés d'octobre à mai comme nous le montre les absolus minimaux et maximaux des températures.

La température annuelle moyenne est de 10.58°C, l'amplitude thermique de 9,3°C.

3.3.1.2 Régime pluviométrique

Le tableau ci-dessous rassemble la hauteur de précipitation mensuelle et le nombre de jours de pluie par mois.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
H	56.3	49.4	56.0	49.9	61.6	60.2	59.4	50.4	62.4	71.1	60.8	72.7
JP	12.1	10.0	11.7	9.4	10.8	10.1	8.2	7.7	9.4	10.9	11.2	12.3

Tableau 9 : Hauteur de précipitation H (en mm) et nombre de jour de pluie JP - Source : Station de Frignicourt (1974-2000)

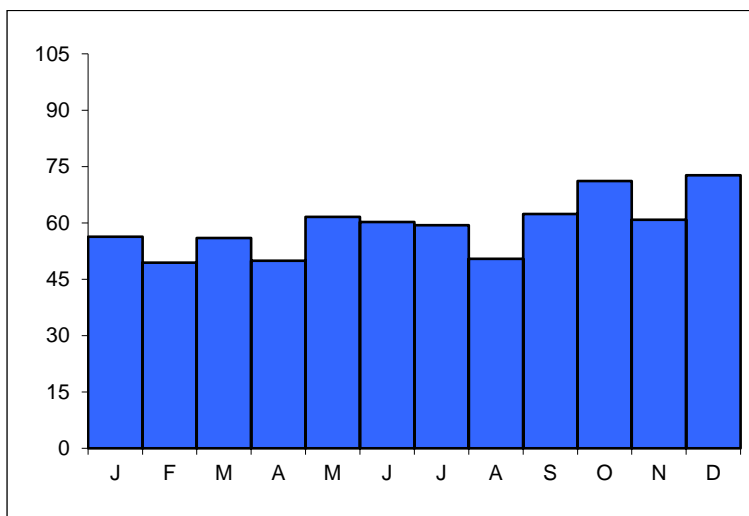
Pièce 5.1 : Etude de dangers


Tableau 10 : Histogramme des précipitations - Source : Station de Frignicourt (1974-2000)

La hauteur totale des précipitations est de 710,20 mm par an, soit 59,18 mm par mois en moyenne.

L'histogramme met en valeur :

- Une période sèche de janvier à avril avec en moyenne 52,9 mm par mois ;
- Une période humide de mai à décembre avec une moyenne de 62,32 mm de pluies par mois.

Sur l'année, il pleut pendant 123,8 jours, soit 10,32 jours par mois en moyenne.

On observe la répartition des pluies en nombre de jours de pluie par mois, deux périodes sont mises en valeur :

- Une période sèche de juillet à septembre avec en moyenne 8,43 jours de pluie par mois ;
- Une période humide d'octobre à juin avec une moyenne de 10,94 jours de pluie par mois.

3.3.1.3 Vents

Les données de la station de Frignicourt sont fournies par l'anémomètre situé à 10 m au-dessus du sol. En ce qui concerne la direction des vents, le secteur sud/sud-ouest (provenance 180 à 220) est le plus important.

La force du vent est appréciée par sa vitesse. A Frignicourt, nous constatons que :

- 52,8% des vents ont une vitesse comprise entre 1 et 4 m.s⁻¹, soit entre 3,6 et 14,4 km/h ;
- 14,0% des vents ont une vitesse comprise entre 4 et 8 m.s⁻¹, soit entre 14,4 et 28,8 km/h ;
- 0,6% des vents ont une vitesse supérieure à 8 m.s⁻¹, soit supérieure à 28,8 km/h,
- 32,5% des vents ont une vitesse inférieure à 1m.s⁻¹, soit inférieure à 3,6 km/h.

Le tableau ci-dessous indique les vitesses maximales de rafale enregistrées sur la station de Frignicourt.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Rm (en m.s ⁻¹)	25	23	23	17	17	21	25	17	16	21	20	25

Tableau 11 : Rafale maximale de vent en m.s⁻¹ - Source : Station de Frignicourt (2003-2005)



On constate que la rafale maximale de vent a été observée en 2004, la vitesse du vent a atteint la vitesse de 90 km/h.

Le nombre de jour avec une rafale supérieure de 90 km/h est plus fréquent au moment des tempêtes hivernales entre décembre et mars et entre juin et juillet.

En ce qui concerne la direction des vents, **le secteur sud-sud-ouest est le plus important, suivi en seconde position par le secteur Nord-nord-est.**

Une étude anémométrique a été réalisée dans le cadre du projet voisin de Fère-Champenoise à partir d'un mât de mesure sur le futur site. Celle-ci a permis d'affiner la rose des vents du secteur. Les résultats de la modélisation du vent sur le site indiquent la vitesse moyenne et la répartition par secteur. Ces éléments sont présentés en sur la figure ci-après.

La direction des vents est donc ici à majorité Sud-ouest. Le vent souffle alors durant environ 2 600 heures par an.

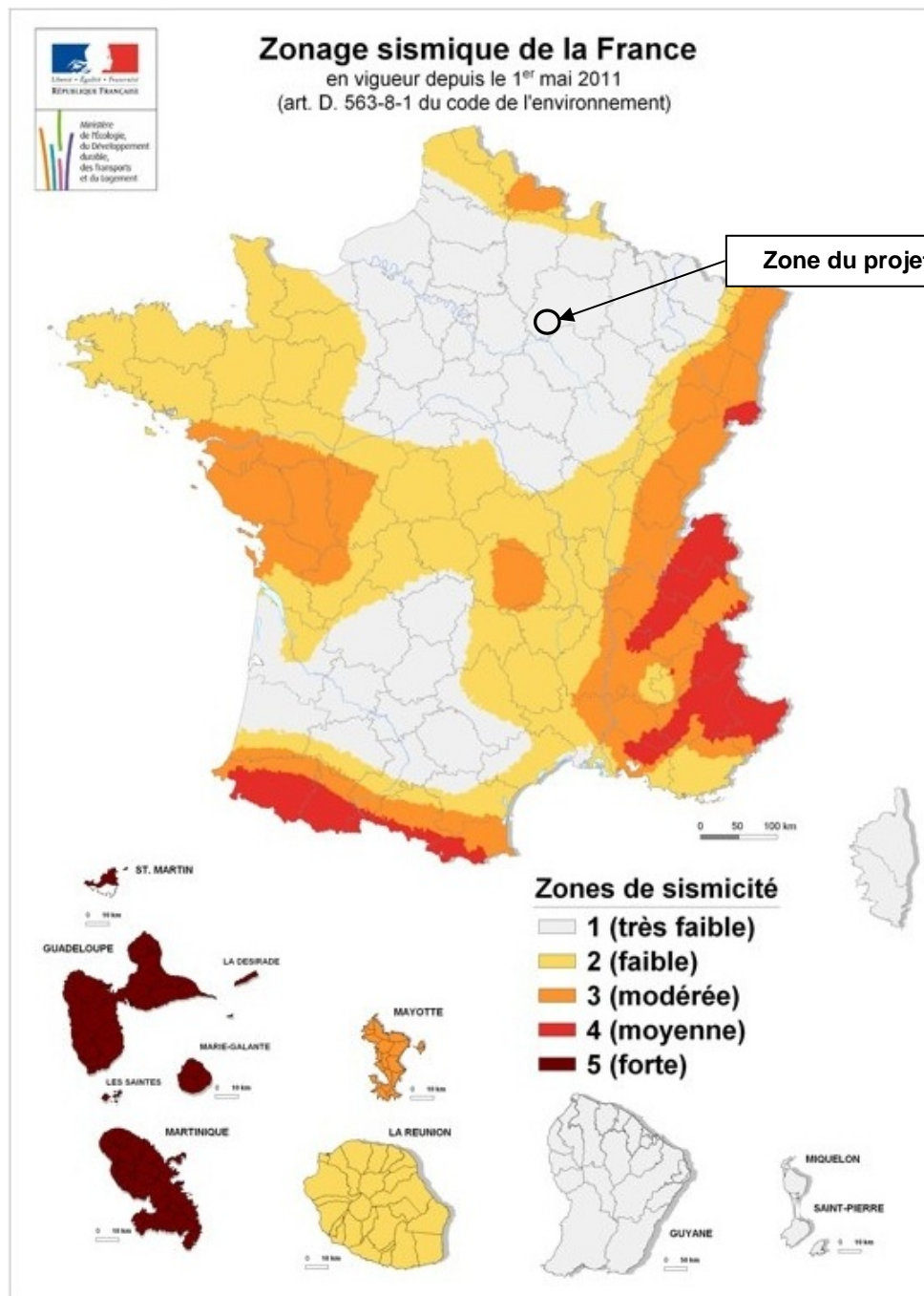
D'après les règles NV 65 qui ont pour objet de fixer les valeurs des surcharges climatiques (neige et vent) et de donner des méthodes d'évaluation des efforts correspondant sur l'ensemble d'une construction ou sur ses différentes parties et en référence au document technique unifié (DTU) 06-002 d'avril 2000, les communes d'implantation du projet sont situées en zone 2 pour les vents.

On peut considérer que les conditions climatiques liées au vent sont un atout du territoire.

3.3.2 Risques naturels

3.3.2.1 Risques sismiques

Le projet Extension Sud Marne se trouve dans une zone où le risque sismique est très faible (zone 1 du nouveau zonage sismique de la France défini dans le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 et les articles R.563-1 à 8 et D.563-8-1 du Code de l'Environnement) :

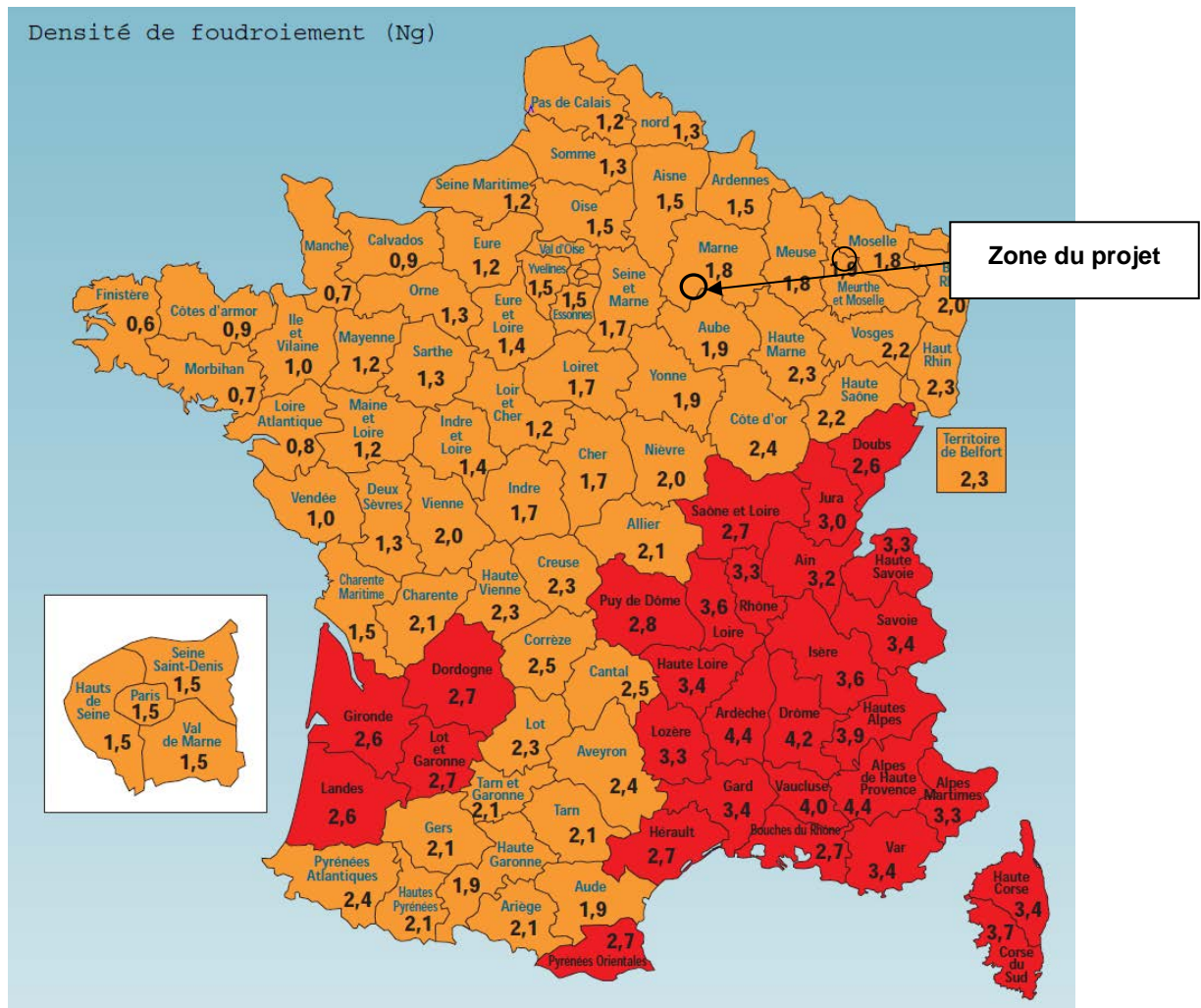


Carte 3 : Zones de sismicité en France - Source : BRGM et MEDD, 2011

3.3.2.2 Risques foudre et tempête

La densité de foudroiement N_g exprime la valeur annuelle moyenne du nombre d'impacts de foudre par km^2 . En France, les valeurs de la densité de foudroiement sont déterminées par le réseau Météorage.

Compte tenu de leur taille et de leur implantation sur des points hauts du relief, les éoliennes sont très exposées au risque de foudroiement.



Carte 4 : Densité de foudroiement sur le territoire français – Source : Météorage

Le site d'étude est soumis aux risques orageux par rapport au foudroiement, puisque dans le département :

- Le niveau kéraunique (nombre de jours d'orage par an en un endroit donné) annuel est égal à 18 jours. La moyenne nationale est de 20 jours.
- La densité de foudroiement (nombre de coups de foudre par km^2 et par an) est de 1,8 contre une moyenne nationale de 2.

- **Foudre**

La foudre est susceptible de frapper les éoliennes. Ce danger ne peut pas être écarté. L'impact de la foudre représente environ 3 % des causes des dysfonctionnements recensés sur les installations.

On portera une attention particulière au fait que la fréquence de foudroiement sur le site envisagé (intensité kéraunique) est légèrement supérieure à la moyenne et que, d'autre part, que les éoliennes retenues sont équipées d'un dispositif agréé de protection contre la foudre.

Les éoliennes seront conformes à la norme IEC 61 400-24 conformément à l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à la rubrique 2980 de la nomenclature ICPE. Les éoliennes et le poste de livraison seront reliés à la terre. Ces dispositifs permettent de réduire considérablement les risques d'atteinte grave de l'éolienne en cas de foudre. De plus, les opérations de maintenance incluent le contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre. Enfin, les risques d'électrocution seront affichés devant chaque aérogénérateur et devant le poste de livraison.

Le risque de foudroiement est fort, mais les systèmes parafoudres seront mis en place sur chaque élément de la ferme éolienne (éoliennes et poste de livraison).

- **Tempête**

Par définition les éoliennes sont conçues pour résister aux vents violents (elles peuvent fonctionner normalement avec des vents allant jusqu'à 90 km/h et sont construites pour résister à des vents pouvant aller jusqu'à 250 km/h). Lorsque le vent dépasse la vitesse de sécurité, les éoliennes sont équipées de dispositifs leur permettant de « décrocher » pour réduire la prise au vent.

Le site n'est pas concerné par un risque potentiel de tempête et de grains. La présence des éoliennes est donc peu menacée par des risques de tempête.

3.3.2.3 Risques Inondation

A propos du risque d'inondation, les communes d'Angluzelles-et-Courcelles, de Corroy, de Faux-Fresnay, de Gourgauçon et d'Ognes ont fait l'objet **d'un arrêté de catastrophe naturelle chacune aux mêmes dates concernant des inondations, coulées de boues et mouvement de terrain en décembre 1999.**

Les communes ne sont pas concernées par des zones exposées ou par des zonages réglementaires du **Plan de Prévention des Risques Inondation** (et de de la même manière au titre des risques naturels).

La zone du projet éolien n'est pas concernée par des zonages des territoires à risque d'inondation de la **Directive Inondation** (les zones les plus proches correspondent aux zones inondables des ruisseaux de la Maurienne et de la Superbe) (cartographie DREAL, 2017).

D'après les données disponibles sur le site internet www.inondationsnappes.fr, **la sensibilité au problème de remontée de nappes est nulle à très fort dans la zone d'étude du projet éolien. La nappe est sub-affleurante dans certains secteurs, notamment au niveau des débuts de vallées qui alimentent les sources des ruisseaux localisés au sud du projet. Ainsi, les trois**

postes de livraison et les éoliennes EG1 sont en zone de sensibilité forte et les éoliennes EH1 et EI2 sont en zone de sensibilité très forte.

Toutefois comme l'indique la carte suivante, les éoliennes se trouvent toutes à distance des zones humides recensées au sein du département de la Marne (Source : http://carmen.developpement-durable.gouv.fr/12/Patrimoine_naturel.map de la DREAL Grand-Est). La zone humide la plus proche correspond aux cours d'eau encadrant le site à plus de 600 mètres des installations.

De plus, comme prévu dans l'étude d'impact, une étude géotechnique sera effectuée au niveau des implantations afin d'évaluer les risques, notamment de pollution des sols et du sous-sol, et de concevoir si nécessaire des fondations adaptées au risque de remontée de nappe avant l'implantation des éoliennes.

Pour ce qui est de la phase travaux, seul un niveau affleurant de la nappe au moment de la création de la fondation pourrait porter atteinte à la nappe. Ce genre de condition climatique est incompatible avec l'utilisation de véhicules de chantier.

En cas de nécessité lors des travaux (hivers pluvieux par exemple), un coffrage étanche en plastique neutre sera envisagé pour la fondation des éoliennes sensibles.

Pour ce qui est des postes de livraison, des câblages et des équipements annexes, le risque de pollution n'est pas à exclure mais est très faible, aussi bien en phase travaux qu'en phase d'exploitation. En cas de nappe affleurante sur le site au niveau des postes de livraison et du tracé du câblage, les travaux sur la zone à risque seront reportés en période favorable.

Il est précisé que la fondation d'un poste de livraison est de l'ordre d'un mètre et la tranchée du câblage est comprise entre 1 m et 1,3 m, ce qui représente des impacts potentiels uniquement en surface.

3.3.2.4 Mouvements de terrain

Il n'existe pas de **Plan de prévention des Risques liés aux mouvements de terrain** sur les communes du projet.

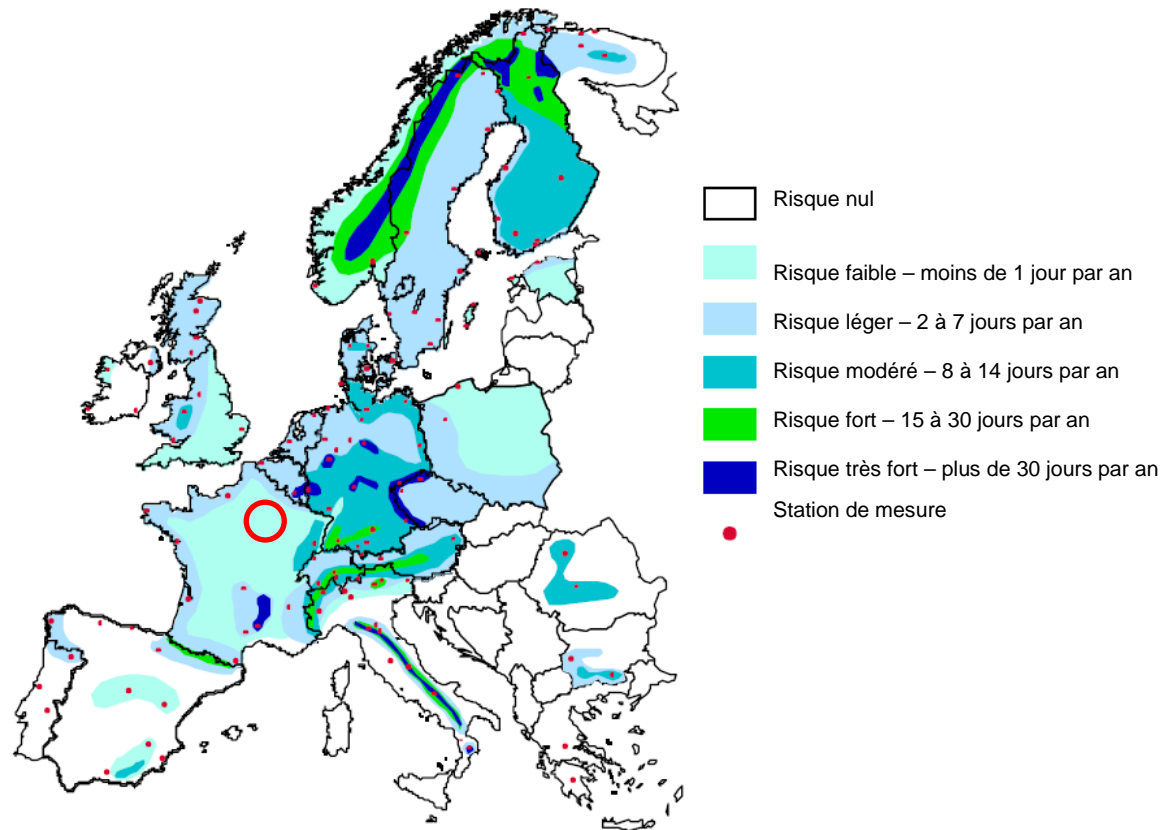
Aucune cavité naturelle n'est présente sur les communes d'Angluzelles-et-Courcelles, de Corroy et d'Ognes d'après le site Géorisques.gouv.fr.

La commune de Faux-Fresnay connaît un risque de cavité lié à l'effondrement. Un effondrement est répertorié en 01/01/1973, au lieu-dit Les Petites Noues, La Vieille Crayère. Il s'agirait de l'effondrement d'une ancienne crayère.

Cette cavité est située au sud-est de la commune et à distance du projet de parc éolien Extension Sud Marne. **Le risque mouvement de terrain est faible sur la zone d'implantation du projet.**

3.3.2.5 Gelées

Une étude supportée notamment par la Direction Générale DG XII (Science, recherche et développement) de la Commission Européenne, a été réalisée afin d'étudier le comportement des éoliennes sous des climats extrêmes de froid. Le document qui en a découlé, le "Wind Energy Production in Cold Climates" WECO (JOR3-CT95-0014), reprend une carte de synthèse des risques de formation de glace sur les éoliennes selon leur lieu d'implantation :



Carte 5 : Synthèse des risques de formation de glace

L'occurrence des phénomènes de gelées est faible en France et limitée aux massifs montagneux (Massif Central, Pyrénées, Alpes et Jura).

Le projet Extension Sud Marne se situe dans une zone à risque faible pour le gel soit moins de 1 jour par an.

3.4 Environnement matériel

3.4.1 Voies de communication

Le site est entouré ou traversé par quatre voies routières :

- La D253 au Nord ;
- La D53 au Sud ;
- La D9 traversant le site et reliant les deux premières ;
- La D209, reliant la D9 à Courcelles.

Il existe également tout un réseau de chemins agricoles au sein même du site d'implantation, ce qui permet de limiter la création de nouveaux accès pour les éoliennes.

3.4.1.1 Voies ferrées

Il n'existe pas de voie ferrée dans l'aire d'étude de 500m. La voie ferrée la plus proche est située à plus 35 km à l'est de la zone d'implantation du projet éolien, correspondant à la ligne classique Paris-est à Strasbourg-ville (070 000).

La voie SNCF est suffisamment éloignée du parc pour qu'un sinistre y survenant ne puisse pas avoir des conséquences sur son intégrité.

3.4.1.2 Risque transport de matières dangereuses hors canalisation

Le risque de transport de matières dangereuses (TMD) est consécutif à un accident se produisant lors du transport, par voie routière, ferroviaire, aérienne, voie d'eau ou par canalisation, de matières dangereuses.

Concernant la source d'agression potentielle relative au TMD, il faut noter qu'une étude de l'INERIS intitulée « Elaboration d'un modèle d'évaluation quantitative des risques pour le Transport multimodal de Marchandises Dangereuses » publiée en août 2003, précise les distances d'effets pour plusieurs scénarios accidentels susceptibles de survenir sur des citernes ferroviaires de TMD. Ces distances d'effets (présentées dans le tableau ci-après) sont considérées comme applicables également au TMD routier, où les capacités sont inférieures au TMD ferroviaire.

Produit	Phénomène	Distance aux effets dominos (m)	Distance aux effets létaux (m)	Distance aux effets irréversibles (m)
Non dangereux	Incendie faible	13	17	20
Non dangereux	Incendie violent	25	33	40
Supercarburant	Feu de nappe	35	50	65
Supercarburant	VCE7	-	170	-
Chlore	Rejet	-	4 730	-
GPL	BLEVE8	-	240	-
GPL	VCE	-	110	-
GPL	Feu torche	-	160	-
Ammoniac	Rejet	-	750	-

Tableau 12 : Distances d'effets pour plusieurs scénarios accidentels susceptibles de survenir sur des citernes ferroviaires de TMD

Il est important de noter que les distances relatives aux effets dominos ne sont pas toujours disponibles et sont, en tout cas, plus petites que celles relatives aux effets létaux.

Le tableau suivant présente la comparaison de l'accidentologie du transport de produits chimiques (période 1998-2003) :

Mode de transport	Nombre d'accidents graves par an	Mt transportées par an	Nombre d'accidents graves par Mt transportées
Route	19	27	0,70
Fer	3,5	8,5	0,41
Mer	1,2	6,1	0,19
Fluvial	0,2	1,3	0,13
Canalisation	0,2	7,7	0,02

Tableau 13 : Comparaison de l'accidentologie du transport de produits chimiques (période 1998 – 2003)



D'après le portail www.prim.net (portail national de la prévention des risques majeurs initié par la Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement) et le Dossier Départemental des Risques Majeurs de la Marne, les communes d'Angluzelles-et-Courcelles, Corroy, Faux- Fresnay, Gourgauçon et Oignes ne sont pas soumises à un risque de TMD.

La voie TMD la plus proche est la Route Nationale 4, localisée à plus de 4 km au nord du parc. Du fait de la localisation de cette voie de TMD, il convient de prêter attention aux événements accidentels susceptibles de rejeter des gaz toxiques. Les effets pourraient engendrer de façon indirecte des effets dominos si le personnel du site était impacté. De ce fait, au vu des distances d'éloignement entre cette voie de TMD et le parc projeté, le site (et son personnel) peut être directement impacté en cas d'accident engendrant un rejet de Chlore.

Les installations du site peuvent être considérées comme faiblement exposées aux dangers liés au TMD.

3.4.1.3 Voies navigables

Il n'existe pas de voie navigable dans l'aire d'étude de 500m. Le canal Latéral à la Marne se situe à plus 30 km au nord-est de la zone d'implantation.

3.4.1.4 Voies aériennes

Il n'existe aucun aérodrome ou aéroport dans les limites de l'aire d'étude de 500m.

L'aérodrome le plus proche est celui de Marigny le Grand (aérodrome civil), localisé à environ 7 km à l'ouest du projet éolien.

D'après les observations de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) et les diverses études menées sur les risques de chute d'avion sur les centrales nucléaires (SFEN-EDF), en cas d'incident, un aéronef est en général manœuvrable et le pilote cherchera dans la mesure du possible à diriger l'appareil vers une zone non peuplée.

La probabilité estimée de chutes d'avions est de 10^{-5} à 10^{-7} par an, sur un site situé à proximité d'un aéroport ou aérodrome (défini par la DGAC). Le site n'est donc pas proche d'un aéroport au sens de la DGAC.

Compte tenu de ces éléments, le risque de chute d'aéronefs sur le futur parc éolien peut être qualifié d'extrêmement peu probable et ne sera pas retenu, conforté par l'annexe IV de l'arrêté 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation, modifié par l'arrêté du 5 octobre 2010 (relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation) qui précise que l'événement initiateur « chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome », c'est-à-dire à plus de 2 000 mètres de tout point des pistes de décollage et d'atterrissage peut être exclu.

3.4.2 Réseaux publics et privés

3.4.2.1 Lignes de transport d'énergie électrique

Il existe une ligne THT de 400 kV gérée par RTE (ligne MERY – VESLE) qui passe à environ 264 m du parc éolien.

La configuration du parc respecte une distance de 200 m entre cette ligne et les éoliennes les plus proches. Elle est supérieure à la hauteur de l'éolienne en bout de pale (200 m). De plus, cette distance respecte les contraintes liées à la présence de la ligne électrique :

- le projet est conforme aux prescriptions de l'arrêté interministériel du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique ;
- le porteur de projet réalisera une Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux (DICT) adressée au concessionnaire au moins 10 jours avant la date de début des travaux, en application du Décret 91.1147 du 14 octobre 1991 et de l'arrêté du 16 novembre 1994 ;
- la distance de sécurité de 5 m prévue par le Décret 65.48 du 8 janvier 1965 titre XII vis-à-vis des conducteurs (travailleurs, outillages utilisés, matériaux, appareils ou engins employés sur le site) sera respectée.

3.4.2.2 Les canalisations de Transport de Matières Dangereuses (TMD)

Il existe 50 200 km de canalisations utilisables comme moyen de Transport de Matières Dangereuses (TMD) en France répartis ainsi :

- 73% pour le gaz naturel ;
- 19% pour les produits pétroliers (pétrole brut et produits raffinés) ;
- 8% pour les produits chimiques (éthylène, oxygène, azote, hydrogène, ...).

La plus grande partie de ces canalisations est enterrée, à l'exception des organes nécessaires à leur exploitation (postes de pompage, de compression, de détente, de sectionnement, d'interconnexion). Les réseaux vieillissent : moyenne d'âge 29 ans en 2006 (26 ans pour les réseaux de transport de gaz) et l'urbanisation a beaucoup progressé au voisinage de certaines canalisations, augmentant le nombre de personnes exposées.

Bien qu'ils soient rares, les accidents sur les canalisations peuvent être très graves (cf. Ghislenghien en Belgique le 30 juillet 2004, et en France : Rosteig le 28 juillet 1989, Villepinte le 5 octobre 1985). Les accidents liés aux canalisations de transport consistent nécessairement en une perte de confinement qui peut avoir comme cause :

- l'agression physique de l'ouvrage, notamment lors de travaux de tiers (cas le plus fréquent) ;
- des risques particuliers locaux (glissement de terrain, vides souterrains, séisme, etc.) ;
- corrosion, érosion mécanique extérieure, défaut de construction à l'origine de brèches de faibles diamètres.

Les conséquences envisageables de telles atteintes aux ouvrages de transport sont la rupture complète de l'ouvrage ou la formation de brèches de divers diamètres.

Une canalisation de transport de gaz traverse le futur parc éolien d'après le site <http://cartelie.application.developpement-durable.gouv.fr> (application développée par le ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement).

La ligne d'éolienne F, composée de EF1, EF2, EF3 et EF4, est située à une distance comprise entre 270,63 (EF1) et 254,66 (EF4) mètres d'une canalisation de gaz. 254,66 mètres est retenu comme le point le plus proche.

3.4.2.3 Autres réseaux

Il est à noter que certaines parcelles au nord du parc éolien sont concernées par l'épandage des eaux résiduaires terreuses de la sucrerie TEREOS de Connantre. Les éoliennes ne sont pas implantées au niveau des pipelines enterrés, regards et piézomètres utilisés dans le cadre l'épandage ou de son contrôle. L'équipement le plus proche est le pipeline localisé à environ 70 m de l'éolienne EC9.

L'ensemble de ces équipements et zone d'épandage est présenté sur la carte suivante.

Il est à noter que le risque de rupture de ce pipeline ne fait pas partie des éléments pris en compte dans les calculs de dangers.

Pièce 5.1 : Etude de dangers



Carte 6 : Localisation du pipeline, des regards et des piezomètres de Tereos

3.4.3 Autres ouvrages publics

Il n'existe aucun autre ouvrage de type barrages, digues, châteaux d'eau, bassins de rétention, etc. dans la zone d'étude.

3.4.4 Radars

Les distances aux radars civils précisées à l'article 4 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 seront respectées, à savoir :

- radar primaire à plus de 30 km des aérogénérateurs (Dammartin / 100 km nord-ouest) ;
- radar secondaire à plus de 16 km des aérogénérateurs (Paris Nord - Coubron / 100 km nord-ouest) ;
- VOR (Visual Omni Range) à plus de 15 km des aérogénérateurs (Paris-Vatry / 10 km nord-est).

Le rayon de 10 km autour de l'aérodrome de Paris-Vatry (Radar VOR) passe en limite extérieure du projet. Le radar militaire le plus proche est celui de Romilly-sur-Seine, localisé à environ 22 km au sud du projet éolien Sud Marne.

A noter que le projet d'implantation du parc éolien se situe hors des servitudes du radar hydrométéorologique le plus proche d'Arcis-sur-Aube (bande C), dans le département de l'Aube.

Les distances aux radars météorologiques seront respectées :

- Radar de bande de fréquence C à plus de 20 km (Arcis-sur-Aube / 32 km sud-est) ;
- Radar de bande de fréquence S à plus de 30 km (Bollène / 500 km sud) ;
- Radar de bande de fréquence X à plus de 10 km (uniquement dans le sud-est).

La configuration du parc respecte donc les distances minimales entre les éoliennes et les différents radars.

3.4.5 Synthèse de l'analyse des activités environnantes comme facteur d'agression

L'analyse des activités externes environnant le futur parc éolien fait apparaître qu'il existe trois sources d'agression potentielle pouvant impacter les éoliennes, à savoir :

- le transport de matières dangereuses (TMD) en raison de la route nationale RN4 localisée à plus de 4 km au Nord du parc ;
- le transport de matières dangereuses (TMD) en raison de la canalisation GRT Gaz localisée au plus proche à 254,66 m au plus proche au nord des éoliennes de la ligne F ;
- l'activité agricole au sein même de certaines parcelles en pied d'éolienne.

Il est précisé dans le guide technique de l'INERIS relatif à la conduite de l'étude de dangers et maîtrise des risques technologiques dans le cadre des parcs éoliens (Version de mai 2012), que seuls les dommages potentiels sur les personnes seront étudiés.

3.5 Cartographies de synthèse

Ces cartographies sont présentées dans la figure 3.1 et la figure 3.2. Elles synthétisent l'analyse de l'étude d'impact dans son chapitre 4.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

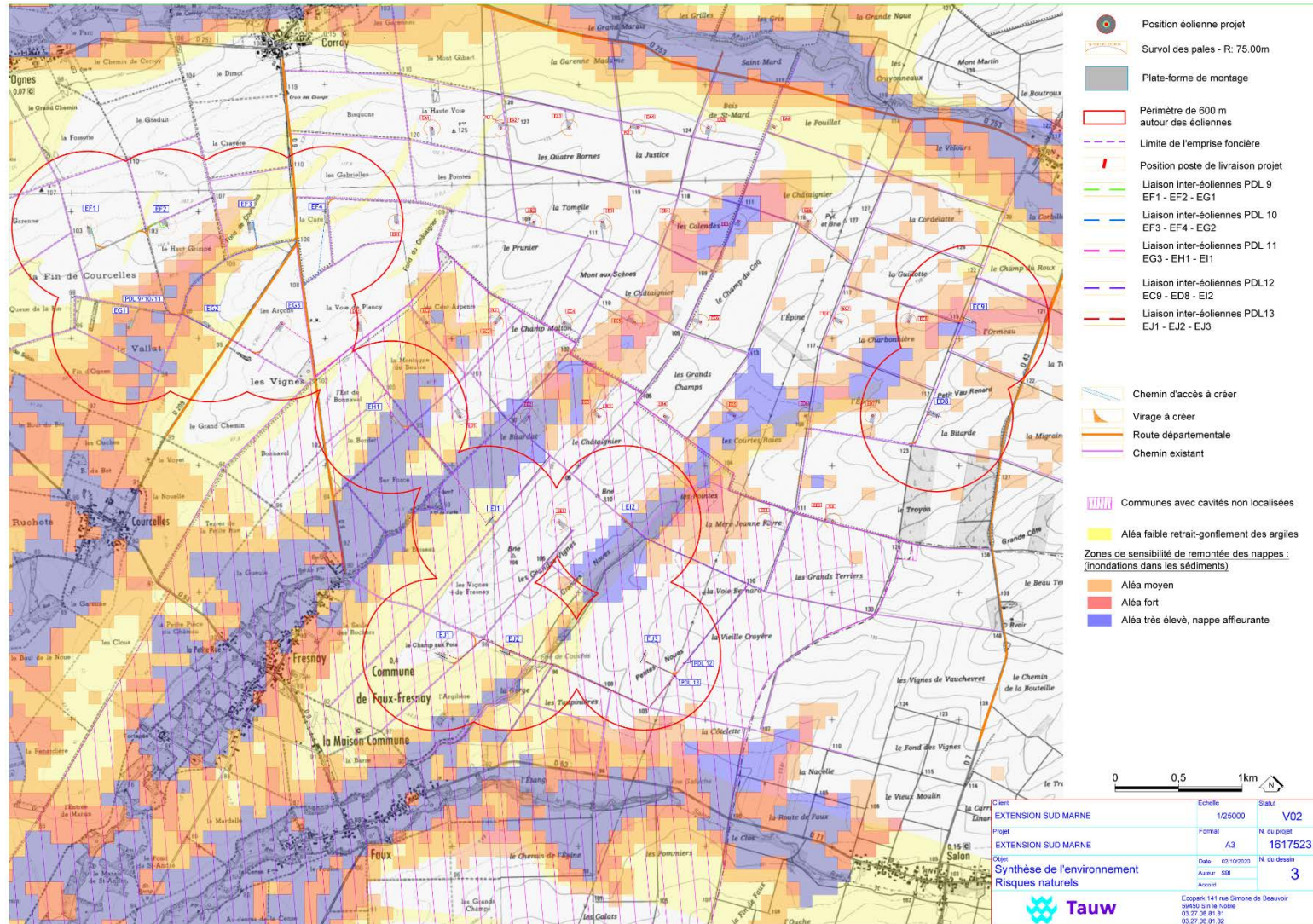


Figure 3.1 : Synthèse des risques naturels – Source : Tauw France

Pièce 5.1 : Etude de dangers

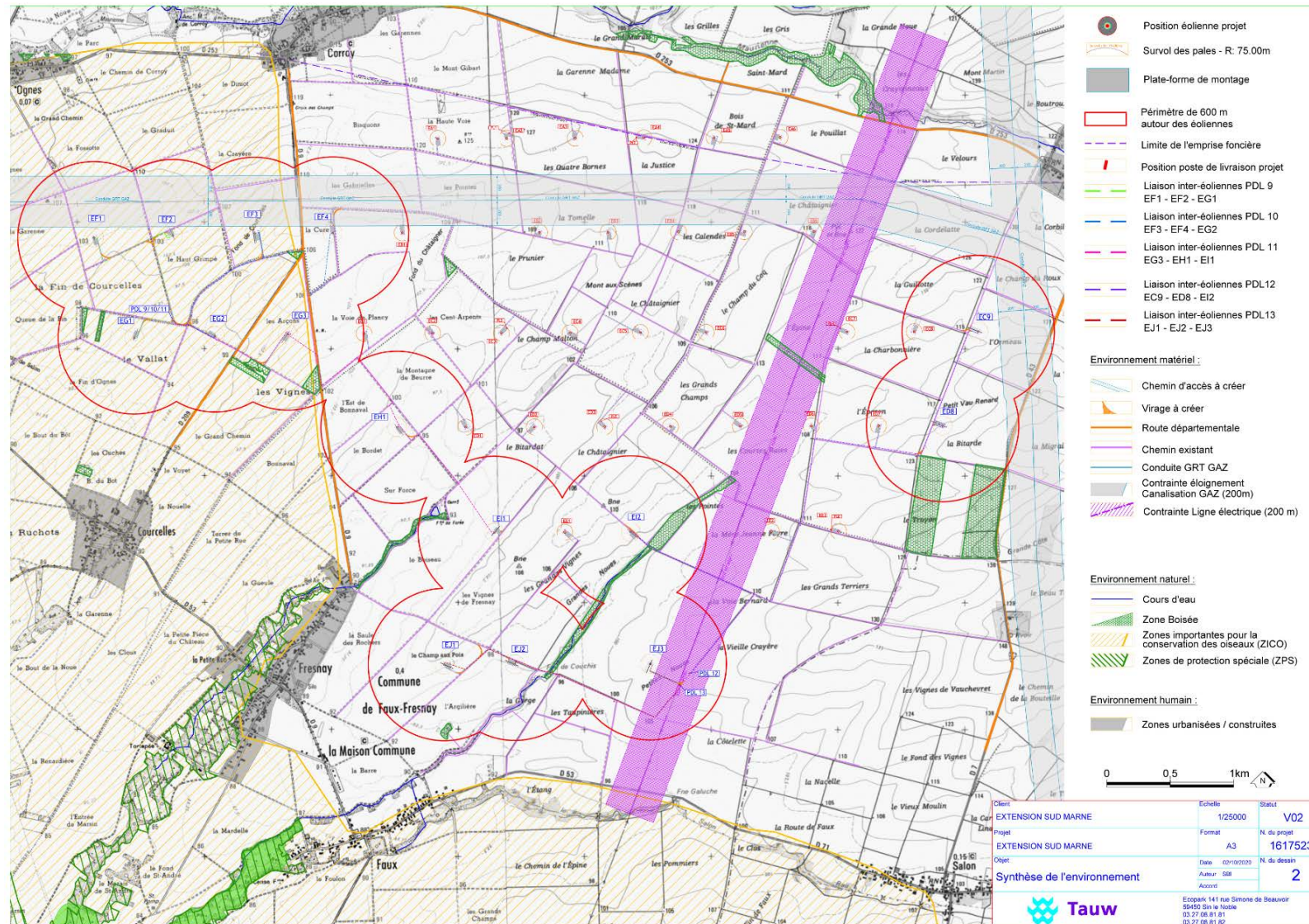


Figure 3.2 : Synthèse des risques liés à l'environnement humain et matériel – Source : Tauw France

3.6 Identification des cibles

Ainsi, les principales cibles potentielles pouvant être impactées par un accident sur le parc éolien sont les suivantes :

CIBLE	NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES		DISTANCE MINIMALE PAR RAPPORT AU PARC EOLIEN
	PAR TAILLE EXPOSEE	AU MAXIMUM*	
Terrains non aménagés et très peu fréquentés : zones agricoles et boisements	1 personne / 100 ha	0,7711 personne (pour l'éolienne EI1 – projection de pale)	A proximité immédiate
Terrains aménagés mais peu fréquentés : routes non structurantes et chemins agricoles	1 personne / 10 ha	0,3755 personne (pour l'éolienne EG3 – projection de pale)	Chemins agricoles situés à quelques dizaines de mètres de chaque machine

Tableau 14 - Identification des cibles – Source : Tauw France

* le maximum de personnes exposées correspond au nombre de personnes présentes dans la zone d'étude des 500 m centrée sur chaque éolienne.

Le nombre de personnes exposées est calculé selon la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

La carte suivante reprend le nombre de personnes potentiellement exposées en cas d'accident au sein du projet Extension Sud Marne.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

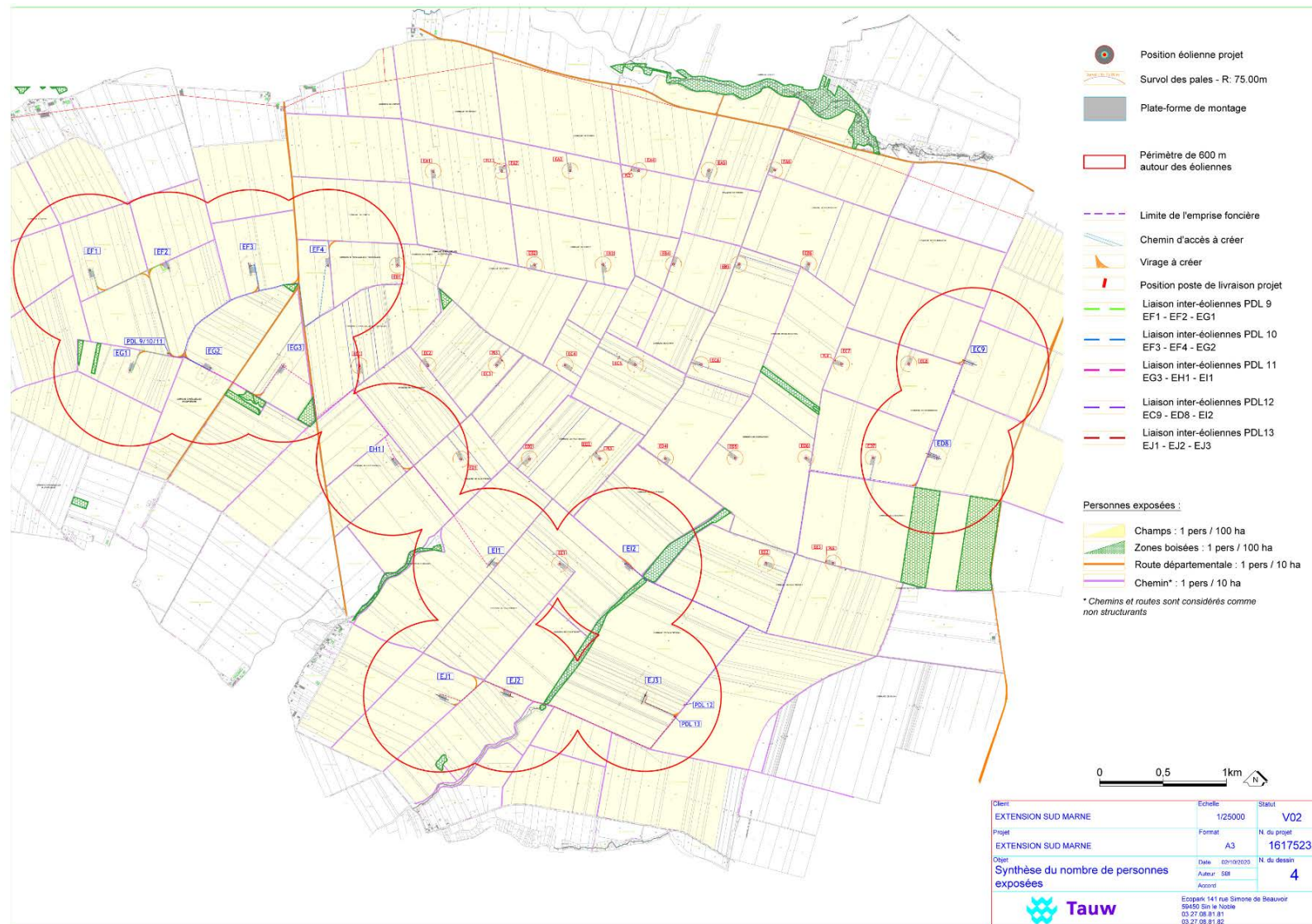


Figure 3.3 : Synthèse du nombre de personnes présentes autour du projet Extension Sud Marne – Source : Tauw France

4 Description de l'installation

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

4.1 Introduction - caractéristiques de l'installation

4.1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien

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

Il est composé de :

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage »
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s) de livraison électrique (appelé « réseau 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 câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au(x) poste(s) de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité)
- Un réseau de chemins d'accès permettant d'accéder aux éoliennes
- Éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

4.1.2 Aérogénérateurs

4.1.2.1 Eléments constitutifs d'un aérogénérateur

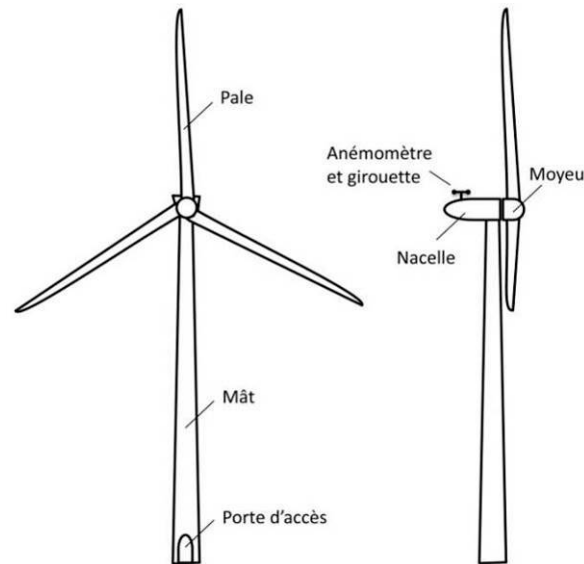


Figure 4.1 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

Une éolienne est composée de 3 éléments principaux :

- **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.
 - Fonction : capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice
- **Le mât** est généralement composé de 4 tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
 - Fonction : supporte la nacelle et le rotor
- **La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
 - le système de freinage mécanique ;
 - le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
 - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
 - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.
 - Fonction : supporte le rotor et abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité.

4.1.2.2 Fonctionnement des aérogénérateurs (quel que soit le modèle retenu)

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 3 m/s. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre «lent» lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

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

Pour un aérogénérateur de 2,5 MW par exemple, la production électrique atteint 2 500 kW 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 l'ordre de 100 km/h, l'éolienne se met à l'arrêt 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.

4.1.3 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.

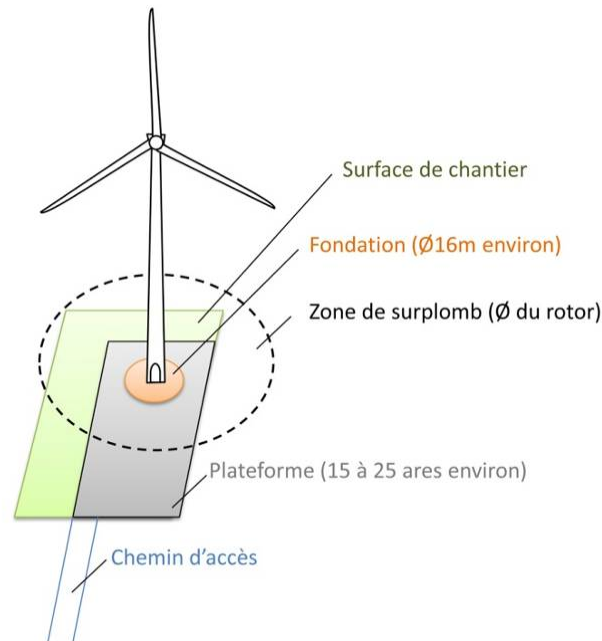


Figure 4.2 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

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

4.1.4 Chemins d'accès

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

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

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

4.1.5 Raccordement électrique

4.1.5.1 Mode de fonctionnement

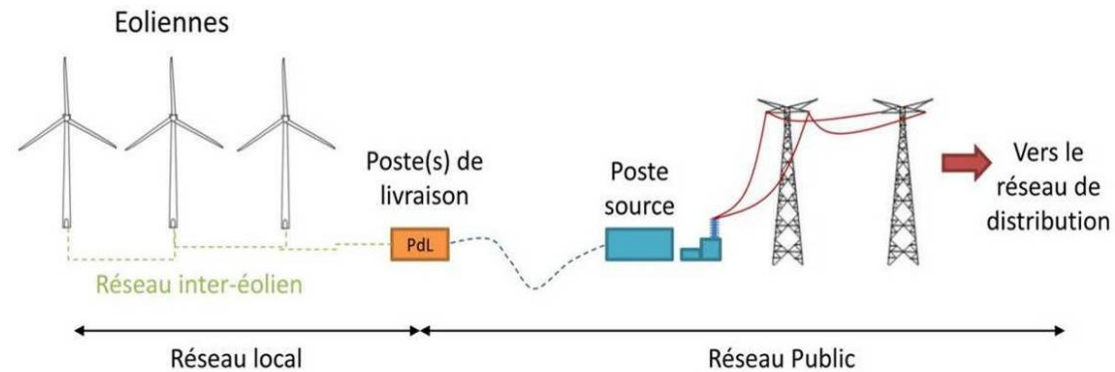


Figure 4.3 : Raccordement électrique des installations

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public.

Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur comprise entre 90 cm et 1,10 m.

Les 15 éoliennes du projet Extension Sud Marne sont interconnectées entre elles et raccordées aux postes de livraison électrique par un réseau de câbles électriques triphasés HTA (tension nominale : 20 000 V).

Dans tous les cas, l'implantation des câbles électriques souterrains respectera strictement les dispositions de l'arrêté du 17 mai 2001 modifié par l'arrêté du 26 janvier 2007 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.

Ainsi, ces ouvrages sont conformes à la réglementation technique en vigueur.

4.1.5.2 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, de 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.

Le projet Extension Sud Marne comportera 5 postes de livraison pour une puissance totale de **67,5 MW** maximum.

4.1.5.3 Raccordement interne (éoliennes – poste de livraison)

Les cinq postes de livraisons seront regroupés en 2 structures qui auront les mêmes caractéristiques. Les dimensions extérieures seront une longueur de 9,12 m et une largeur de 6,32 m. La hauteur maximum sera de 4,24 m au faîtage.

La construction sera recouverte d'un bardage bois de teinte naturelle en pose verticale et d'une toiture de type « fermette » composée de tuiles mécaniques en terre cuite de teinte vieillie.

Ce raccordement sera exécuté exclusivement au moyen de câbles souterrains qui seront enfouis à une profondeur de 90 cm et 1,10 m avec grillage avertisseur, et emprunteront les accotements des voiries ainsi que ponctuellement des parcelles agricoles. Cette installation respectera les normes NFC 15-100, NFC 13-100, NFC 13-200 : Installations électriques à basse tension, Installations électriques à haute tension, Postes de livraison établis à l'intérieur d'un bâtiment et alimentés par un réseau de distribution public HTA.

Le tableau suivant identifie le raccordement des éoliennes aux 5 postes de livraison et la longueur du câblage :

Eoliennes	Postes de livraison	Longueur de câblage
EF1	PDL9	2 211 m
EF2		
EG1		
EF3	PDL10	3 176 m
EF4		
EG2		
EG3	PDL11	4 030 m
EH1		
E11		
ED8	PDL12	6 681 m
EC9		
E12		
EJ1	PDL13	2 984 m
EJ2		
EJ3		

Tableau 15 : Longueur câblage éoliennes vers postes de livraison

Raccordement externe (poste de livraison – poste source)

Le raccordement électrique externe à l'installation, c'est-à-dire entre le poste de livraison qui sera créé et le réseau public d'électricité existant, est réalisé sous la responsabilité du Gestionnaire de Réseau compétent, ENEDIS. Il incombera donc à ENEDIS de réaliser les travaux de raccordement sous sa propre Maîtrise d'Ouvrage.

Selon l'Article D342-23 du Code de l'Energie modifié par le Décret n°2016-434 du 11 avril 2016, les gestionnaires des réseaux publics proposent la solution de raccordement sur le poste le plus proche, minimisant le coût des ouvrages propres définis à l'article D. 342-22 et disposant d'une capacité réservée suffisante pour satisfaire la puissance de raccordement demandée.

La solution de raccordement au Réseau Electrique n'est pas exactement définie, puisque la destination, le tracé de raccordement et les travaux d'installation sont sous la responsabilité du gestionnaire de réseau.

Le projet éolien d'extension Sud Marne devrait être raccordé par ENEDIS au **Poste Source en attente de construction sur la commune de Faux-Fresnay** (parcelle ZL11) à environ 4 km des postes de livraison du projet Extension Sud Marne.

Le choix du poste source auquel le parc éolien est raccordé revient à ENEDIS. ENEDIS définit également le tracé emprunté par les câbles qui relient le poste de livraison au réseau public.

Dans l'attente de l'installation du poste de livraison, le câble de raccordement sera éventuellement branché à un poste électrique de sécurité permettant la mise sous tension obligatoire du câble et qui sera placé par ENEDIS.

4.2 Description du parc

4.2.1 Nature de l'activité

L'activité du projet Extension Sud Marne est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

4.2.2 Composition du parc éolien

Le projet Extension Sud Marne est composé de 15 aérogénérateurs et de 5 postes de livraison. Les aérogénérateurs ont une hauteur de mât de 125 mètres et un diamètre de rotor de 150 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 200 mètres.

Les coordonnées de chacun de ces éléments sont présentées dans le tableau suivant :

Éoliennes	Lambert 1 N E	Lambert 1 N N	Lambert 2 étendu E	Lambert 2 étendu N
EF1	716131.2712	110878.2952	716184.002	2411054.317
EF2	716753.8178	110894.8769	716806.842	2411070.366
EF3	717397.9842	110912.0562	717451.312	2411086.991
EF4	718012.2492	110915.0025	718065.854	2411089.399
EG1	716448.9697	110088.0376	716501.157	2410263.433
EG2	717085.0746	110104.4347	717137.557	2410279.283
EG3	717657.1983	110118.9565	717709.946	2410293.311
EH1	718520.2132	109383.4673	718572.693	2409556.739
EC9	723101.1236	110139.4055	723156.293	2410308.884
ED8	722820.1915	109397.8157	722874.558	2409567.226
EI1	719287.2317	108555.0894	719339.309	2408727.323
EI2	720360.2264	108558.6763	720412.768	2408729.953
EJ1	718892.7926	107513.8575	718943.778	2407685.997
EJ2	719447.4687	107515.7242	719498.690	2407687.372
EJ3	720516.0026	107519.2731	720567.678	2407689.967
PDL 9 / 10 et 11	716749.1878	110221.9862	720875.445	2407618.625
PDL 12	720825.1018	107447.1039	720876.843	2407617.490
PDL 13	720745.6544	107351.0400	720797.275	2407521.457

Tableau 16 : Coordonnées des aérogénérateurs et des postes de livraison

La carte 2 présente la localisation de l'installation et notamment de la position des aérogénérateurs au sein du parc éolien.

4.2.3 Description et caractéristique des aérogénérateurs retenus

Chaque éolienne se compose de 4 pièces :

- les fondations,
- le mât,
- le rotor,
- la nacelle.

La nacelle est le lieu de production d'électricité. Elle est l'élément sur lequel repose le palier principal. Ce palier supporte le poids ainsi que la pression de poussée du rotor. Ce mouvement rotatif est transféré par le biais de l'arbre dans le multiplicateur.

Le multiplicateur convertit la faible vitesse de rotation en une forte vitesse de rotation. La génératrice tourne à cette vitesse de rotation élevée et génère finalement du courant électrique.

La nacelle est posée sur un roulement en haut de la tour, afin qu'elle puisse toujours s'orienter dans la direction du vent.

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Dimension : cercle de 20 m de rayon Profondeur : 2,5 à 5 m
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Type Tour tubulaire en acier Hauteur de moyeu 125 m max
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	V150 Hauteur pour le transport : 4,2 m Longueur 12,88 m Largeur 4,03 m N149 Hauteur pour le transport : 4,39 m Longueur 12,81 m Largeur 4,3 m
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	V150 Longueur : 73,66 m Diamètre du rotor 150 m Surface balayée : 17 671 m ² N149 Longueur : 72,4 m Diamètre du rotor 149,1 m Surface balayée : 17 460 m ²
Générateur	Transforme l'énergie mécanique reçue en énergie électrique	Fréquence 50/60 Hz Générateur asynchrone Convertisseur intégral
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Tension électrique : 660V Transformateur 20 kV
Postes de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	Tension électrique : 20 kV
Câbles souterrains	Transportent l'électricité produite par chaque éolienne vers le poste de livraison	Tension électrique : 20 kV

Tableau 17 : Tableau du découpage fonctionnel de l'installation

4.2.4 Les voies d'accès

Les voies d'accès empruntées par le projet seront toutes terrassées, empierrées et stabilisées. Le tracé des chemins d'accès à chaque éolienne a été optimisé de manière à épouser au plus près les

Pièce 5.1 : Etude de dangers

accès déjà existants : tous les accès existants seront alors adaptés au passage des engins et des camions comme les accès à créer. Cette adaptation consistera à la stabilisation et au nivellement du chemin existant, le tout sur une largeur maximale de 5 mètres afin de permettre le passage des camions, notamment ceux pour la livraison des éléments de l'éolienne. Dans le cadre de ce projet, les chemins d'accès existants sont représentés par des chemins d'exploitation agricole ou des chemins ruraux. Le tableau suivant fait état des chemins existants utilisés et les longueurs concernées :

Nom du chemin défini sur la carte	Longueur utilisée (m)
Chemin dit du Point de vue	536
Chemin dit du Haut Grimpé	700
Chemin rural dit Finage d'Ognes et d'Angluzelles-et-Courcelles	1 156
Chemin d'exploitation n°5	1 034
Chemin dit des Pointes	608
Chemin dit Finage	185
Chemin rural dit de la Montagne de Beurre	684
Chemin dit de Guillotte	415
Chemin dit du Troyon	363
Chemin dit de l'Eperon	1 094
Chemin rural n°5 dit de Bitardat	1 588
Chemin d'exploitation n°22	4 278
Chemin des Vignes de Fresnay à Gourgançon	306
Chemin d'Arcis-sur-Aube à Sezanne	753
Chemin d'exploitation n°27	886
TOTAL	14 586

Tableau 18 : Chemins existants utilisés

Les chemins empruntés totalisent donc 14 586 mètres de chemins existants représentés en majorité par des chemins d'exploitation agricole à adapter (stabilisation et élargissement à réaliser).

D'autres chemins d'accès seront à créer le long ou au sein des parcelles pour desservir les éoliennes. Le tableau suivant indique les chemins créés en fonction des éléments du parc :

Informations par voies d'accès	Longueur créée (m)	Surface créée (m²)
Accès EF1	135	683
Accès EF2	0	0
Accès EF3	147	735
Accès EF4	0	0
Accès EG1	117	587
Accès EG2	0	0
Accès EG3	251	1 255
Accès EH1	89	446
Accès EI1	0	0
Accès EI2	0	0
Accès EJ1	87	445

Informations par voies d'accès	Longueur créée (m)	Surface créée (m ²)
Accès EJ2	0	0
Accès EJ3	240	1 208
Accès EC9	0	0
Accès ED8	0	0
TOTAL	1066	5359

Tableau 19 : Chemins créés par le projet

Les chemins à créer totalisent 1 066 mètres linéaires, pour une surface créée de 5 359 m².

Les virages créés occuperont alors une surface temporaire d'environ 8 314 m².

4.2.5 Le raccordement au réseau électrique

Le voltage de l'électricité produite par la génératrice est de 690 V. Pour être raccordée au réseau, cette tension est élevée à 20 kV par un **transformateur** dans chaque éolienne.

Un réseau câblé en souterrain au départ de chaque éolienne rejoint ensuite le **poste de livraison**. Ce poste de livraison permet le raccordement au réseau électrique ENEDIS via un **poste source** qui redistribue l'électricité vers le réseau public.

Pour le projet Extension Sud Marne, l'ensemble du réseau de câblage permettant de relier les 15 éoliennes aux 5 postes de livraison prévu sera enterré sur environ 19 082 mètres.

4.2.6 Autres installations

Le projet Extension Sud Marne 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.

4.2.7 Sécurité de l'installation

4.2.7.1 Dispositifs de sécurité de l'éolienne

De manière générale, l'installation respectera la réglementation en vigueur en matière de sécurité :

- Respect des prescriptions de **l'arrêté ministériel du 26 août 2011** relatif à la rubrique (ICPE) 2980 :
 - Respect des distances d'éloignement aux zones urbanisées et urbanisables, aux autres Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et aux Installations Nucléaires de Base, aux radars,
 - Présence de voies d'accès permettant l'intervention des services d'incendie et de secours,
 - Balisage lumineux conforme au Code des Transports et au Code de l'Aviation Civile,
 - Accès à l'intérieur des éoliennes impossible et interdit aux personnes ne faisant pas partie du personnel d'exploitation,
 - Présence et affichage clairs des consignes de sécurité,

- Réalisation des essais prouvant le bon fonctionnement des installations et contrôle régulier du bon fonctionnement et du bon état des installations,
 - Risques d'incendie : consignes de sécurité et moyens de lutte incendie adaptés,
 - Risques de formation de glace : consignes de sécurité et moyens de détection,
- Respect des normes et certifications en vigueur :
 - **Norme NF EN 61400-1 ou CEI 61 400-1** : « exigences pour la conception des aérogénérateurs »: prescriptions relatives à la sécurité de la structure de l'éolienne, de ses parties mécaniques et électriques et de son système de commande. Ces prescriptions concernent la conception, la fabrication, l'installation et la maintenance de la machine.
 - **Norme IEC 61400 – 24** : « Protection contre la foudre »,
 - **Norme NFC 15-100, NFC 13-100, NFC 13-200** : installations électriques à basse tension, Installations électriques à haute tension, postes de livraison établis à l'intérieur d'un bâtiment et alimentés par un réseau de distribution public HTA.

Ainsi, chaque éolienne dispose au minimum :

- De capteurs qui permettent de suivre les paramètres suivants :
 - Vitesse du vent,
 - Angle des pales,
 - Vitesses de rotation des différents éléments,
 - Températures (extérieur, intérieur, équipements particuliers),
 - Vibrations (nacelle, mât, etc.),
 - Pression et niveau des différents fluides (huile hydraulique et huile de lubrification),
 - Détecteurs de fumée,
 - Détecteurs d'anomalies électriques (tension, fréquence, etc.),
- De commandes permettant l'arrêt de l'éolienne (arrêt manuel en bas de la tour et arrêt automatique en cas de détection d'anomalie grâce aux différents capteurs).

La description des principaux systèmes de sécurité de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, au chapitre 8 de l'étude de dangers.

4.2.7.2 Surveillance permanente de l'exploitant

Par mesure de sécurité, et afin de conserver une traçabilité de l'activité de chaque éolienne, une surveillance à distance est réalisée en permanence. Les paramètres suivis sont retransmis au poste de contrôle. Les paramètres concernés sont notamment le vent, la production d'électricité, la température et la vitesse des pièces en mouvement, les vibrations produites ainsi que des données électriques diverses.

4.2.7.3 Organisation des secours

En cas d'accident, des procédures d'urgence permettent au personnel présent sur le site ou au centre de conduite de prendre les mesures nécessaires à l'évacuation de la nacelle, à l'extinction d'un début d'incendie, etc.

Sur site, le personnel dispose d'au minimum 2 extincteurs visibles et facilement accessibles (1 situé en bas du mât et 1 situé dans la nacelle) adaptés aux risques à combattre, et d'une trousse de premiers secours.

Une fois les différentes autorisations administratives nécessaires obtenues, un Plan Particulier d'Intervention sera réalisé avec les services de secours, afin de lister :

- Les noms et numéros des services de secours à contacter,
- Les procédures à mettre en place (périmètre de sécurité, moyens de lutte incendie externe pouvant être mis en œuvre, etc.)
- La réalisation régulière d'exercices d'entraînement.

Pour faciliter l'accès aux secours, le stationnement des véhicules des techniciens sera réalisé sur une zone de stationnement dédiée et les voies d'accès seront régulièrement entretenues. L'accès sera donc en permanence dégagé.

4.2.8 Moyens de lutte contre les dangers

Concernant le projet Extension Sud Marne, il est prévu que les transformateurs soient à l'intérieur du mât.

Un extincteur adapté au risque électrique et contrôlé annuellement conformément à la législation en vigueur est mis à la disposition des opérateurs lors des phases de maintenance.

Les consignes d'alerte des secours seront définies, présentées aux personnels et affichées aux endroits adaptés. Elles spécifieront les personnes et services de secours à alerter et les moyens de communication adaptés en cas d'accident.

En cas d'accident, nécessitant des moyens externes, d'après les données du SDIS de la Marne, l'alerte est donnée au centre d'incendie et de secours de Fère-Champenoise. La section est composée de 26 sapeurs-pompiers volontaires et est commandée par le lieutenant Patrick Cain.

Le centre d'incendie et de secours de Fère-Champenoise est situé à environ 8 km en voiture du parc éolien. Le temps nécessaire pour l'arrivée des pompiers est estimé à 10 minutes.

En phase travaux notamment, l'accès des secours au site sera toujours adapté et dégagé pour les véhicules de secours.

4.2.9 Opérations de maintenance de l'installation

Diverses opérations de maintenance sont réalisées suivant un cycle et des protocoles de maintenance définis selon les préconisations et le manuel du constructeur.

La maintenance des différents équipements du parc éolien est réalisée par du personnel du gestionnaire des machines ou propres au constructeur retenu, formés au poste de travail et informés des risques présentés par l'activité.

Quel que soit le modèle d'éolienne choisi, les principales opérations de maintenance prévues et réalisées annuellement concernent :

- Inspection et resserrage des boulons
- Nacelle:
 - contrôle des joints et capots,
 - contrôle des différents équipements (éléments mécaniques, génératrice, groupe hydraulique, freins, mécanismes d'orientation),
 - nettoyage de la nacelle.
- Tour:
 - contrôle visuel des points d'ancrage,
 - contrôle de corrosion,
 - écaillage de peinture sur la tour,
 - recherche de pénétration d'eau et de fissures dans le scellement,
 - contrôle de l'ascenseur de service,
- Contrôle des pales:
 - détection de fissures et bruits inhabituels pendant le fonctionnement,
 - contrôle de l'intérieur des pales,
 - contrôle des systèmes de protection anti-foudre.
- Système de lubrification des roulements de pales:
 - remplacement/vidage des godets de vidange,
 - ajout de graisse neuve,
 - contrôle de lubrification des roulements
- Système central de lubrification des roulements et du système d'orientation:
 - remplissage de graisses neuves,
 - contrôle de l'absence de fuite.
 - remplacement des huiles au moins tous les 5 ans
- Systèmes hydrauliques :
 - prélèvement d'échantillon d'huile et vérification de la qualité,
 - remplacement des filtres,
 - contrôle du système de refroidissement,
 - vérification d'absence de fuite,
 - vérification des pompes,
 - vérification et tests des capteurs de niveaux, de pression et de température,
 - vérification des vannes, soupapes et accumulateurs.
- Circuit foudre:
 - contrôle de contacts allant des pales jusqu'aux fondations,
 - contrôle des cartes de détection de foudre.
- Armoires électriques:
 - vérification et tests des capteurs de température,
 - vérification et tests des détecteurs de fumée,
 - vérification et tests des ventilateurs,
 - remplacement des filtres à air.

- Convertisseur:
 - idem contrôle armoires électriques,
 - contrôle du système de refroidissement,
 - remplacement du liquide de refroidissement suivant planification.
- Réglage de l'alignement de la génératrice et vérification des connections mécaniques
- Raccordements électriques : vérification et resserrage
- Contrôles mécaniques :
 - Inspection des engrenages,
 - vérification du graissage,
 - contrôle d'usure,
 - contrôle des supports d'amortissement.
- Système de freinage:
 - contrôle visuel du disque de frein,
 - contrôle des garnitures.
- Test des systèmes de sécurité:
 - contrôle des capteurs de survitesse (tests et simulations de régime de survitesse),
 - contrôle des systèmes de détection de vibrations (tests et simulations de balourd),
 - contrôle des boutons d'arrêt d'urgence
- Nettoyage des plateformes.

Chaque maintenance ou dépannage est archivé dans le registre de suivi de l'installation.

L'installation est ainsi 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, notamment du point de vue de la fréquence des différents contrôles à réaliser :

- **installations électriques** avant mise en fonctionnement puis tous les ans,
- **bon fonctionnement de l'éolienne** (arrêt, arrêt d'urgence, arrêt en cas de survitesse) avant mise en fonctionnement puis au moins tous les ans,
- **contrôle de l'aérogénérateur** (contrôle des brides de fixation, des brides de mât, de la fixation des pâles, contrôle visuel du mât) trois mois puis un an après la mise en service puis au moins tous les trois ans,
- contrôle des systèmes instrumentés de sécurité au moins tous les ans.

4.2.10 Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun produit dangereux ne sera stocké dans les éoliennes du projet Extension Sud Marne.

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, seront traitées dans l'analyse de risques.

5.1 Potentiels de dangers liés aux produits

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

Les produits identifiés dans le cadre du projet Extension Sud Marne sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

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

5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du projet Extension Sud Marne sont de cinq types :

- Départ de feu/ Echauffement de pièces mécaniques,
- Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.)
- Projection d'éléments (morceau de pale, brides de fixation, etc.)
- Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur
- 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

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute d'éléments	Energie cinétique de projection
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de nacelle	Energie cinétique de chute

Tableau 20 : Dangers potentiels de l'installation

5.3 Réduction des potentiels de dangers à la source

5.3.1 Principales actions préventives

5.3.1.1 Conception du projet

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

- Choix de l'emplacement des installations : zone peu peuplée et éloignée des premières routes structurantes de la région,
- Eloignement des éoliennes avec les premières cibles potentielles :
 - 930 m des premières habitations (par rapport à l'éolienne EJ1),
 - 167 m des routes non structurantes (distance entre EG3 et la RD9),
- Modèle d'éolienne muni de nombreuses mesures de sécurité et éprouvées industriellement.

5.3.1.2 Exploitation du parc

Lors de l'exploitation, les principaux potentiels de dangers liés aux produits utilisés pour la maintenance, et à l'installation en elle-même (éoliennes et réseaux électriques) sont réduits au maximum à la source :

- Produits :
 - Aucun stockage dans l'aérogénérateur ou dans les postes électriques,
 - Apport de la quantité nécessaire et suffisante uniquement,
 - Personnel formé aux risques présentés par les produits utilisés,
 - Consignes de sécurité strictes, affichées et connues des employés (interdiction de fumer ou d'apporter une flamme nue, arrêt de l'éolienne lors des opérations de maintenance, équipements de travail adaptés, présence d'équipements de lutte incendie...),
 - La maintenance annuelle prévoit un contrôle des systèmes hydrauliques (fuite, niveaux, etc.),
 - La tour et la nacelle jouent le rôle de rétentions.
- Installation :
 - Conception de la machine (normes et certifications),
 - Maintenance régulière,

- Contrôle des différents paramètres d'exploitation (vent, température, niveau de vibrations, puissance électrique, etc.),
- Fonctions de sécurité,
- Report des messages d'alarmes au centre de conduite.

5.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles

La directive n° 2010/75/UE du 24/11/10 relative aux émissions industrielles (IED) définit au niveau européen une approche intégrée de la prévention et de la réduction des pollutions émises par les installations industrielles et agricoles entrant dans son champ d'application.

Un de ses principes directeurs est le recours aux meilleures techniques disponibles (MTD) afin de prévenir les pollutions de toutes natures. Elle impose aux États membres de fonder les conditions d'autorisation des installations concernées sur les performances des MTD.

Les installations éoliennes, qui ne rentrent pas dans le champ d'application de cette Directive, ne sont pas concernées.

6 Analyse des retours d'expérience

6.1 Introduction

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature spécialisées, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détail de l'information.

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accidents rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarii les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans le chapitre 8 pour l'analyse détaillée des risques.

6.2 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 projet Extension Sud Marne.

Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (mars 2012).

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer le recensement des accidents et incidents au niveau français. Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de 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 SER/FEE ayant produit 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.

Au total, environ 50 incidents ont pu être recensés entre 2000 et janvier 2018 (voir tableau détaillé en annexe 4, tableau de travail 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. Les accidents les plus recensés sont les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne.

Aucun accident impliquant des riverains n'a été recensé, seuls quelques cas de blessures du personnel, lors de la maintenance des installations éoliennes ont été remontés.

Les technologies actuelles permettent de diminuer significativement les incidents, en raison des systèmes de sécurité mis en place, ce qui permet d'éviter notamment les suraccidents.

Les graphiques suivants présentent :

- La répartition des **événements dangereux** (effondrement, rupture de pale, chute de pale, chute d'éléments et incendie) par rapport à la totalité des accidents observés en France.
- 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.

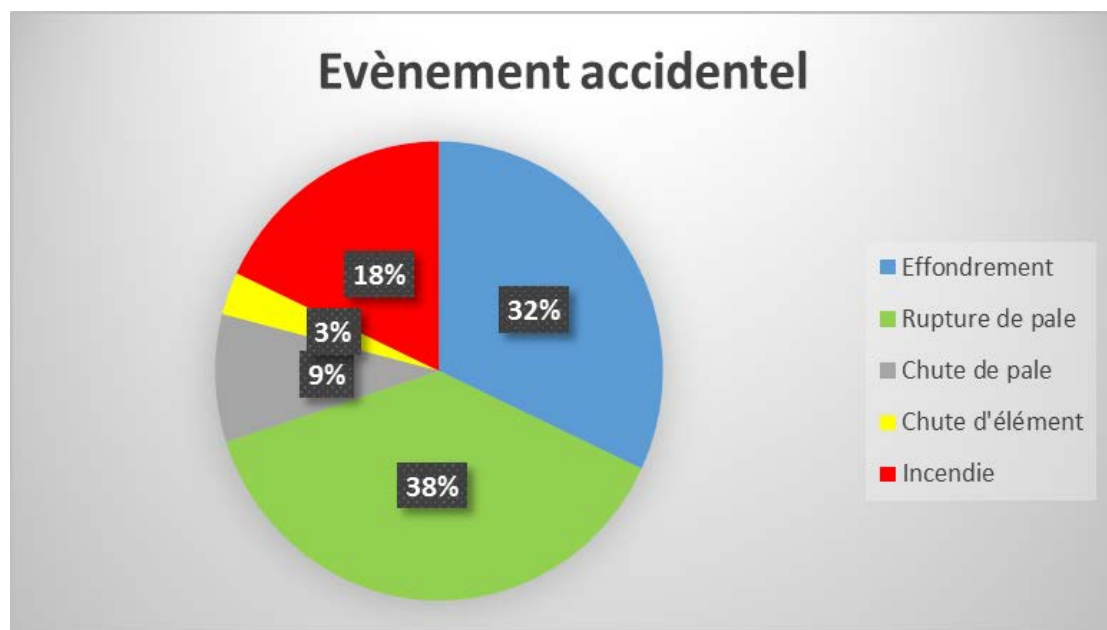


Figure 6.1 : Répartition des événements accidentels – Source : guide technique – élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens

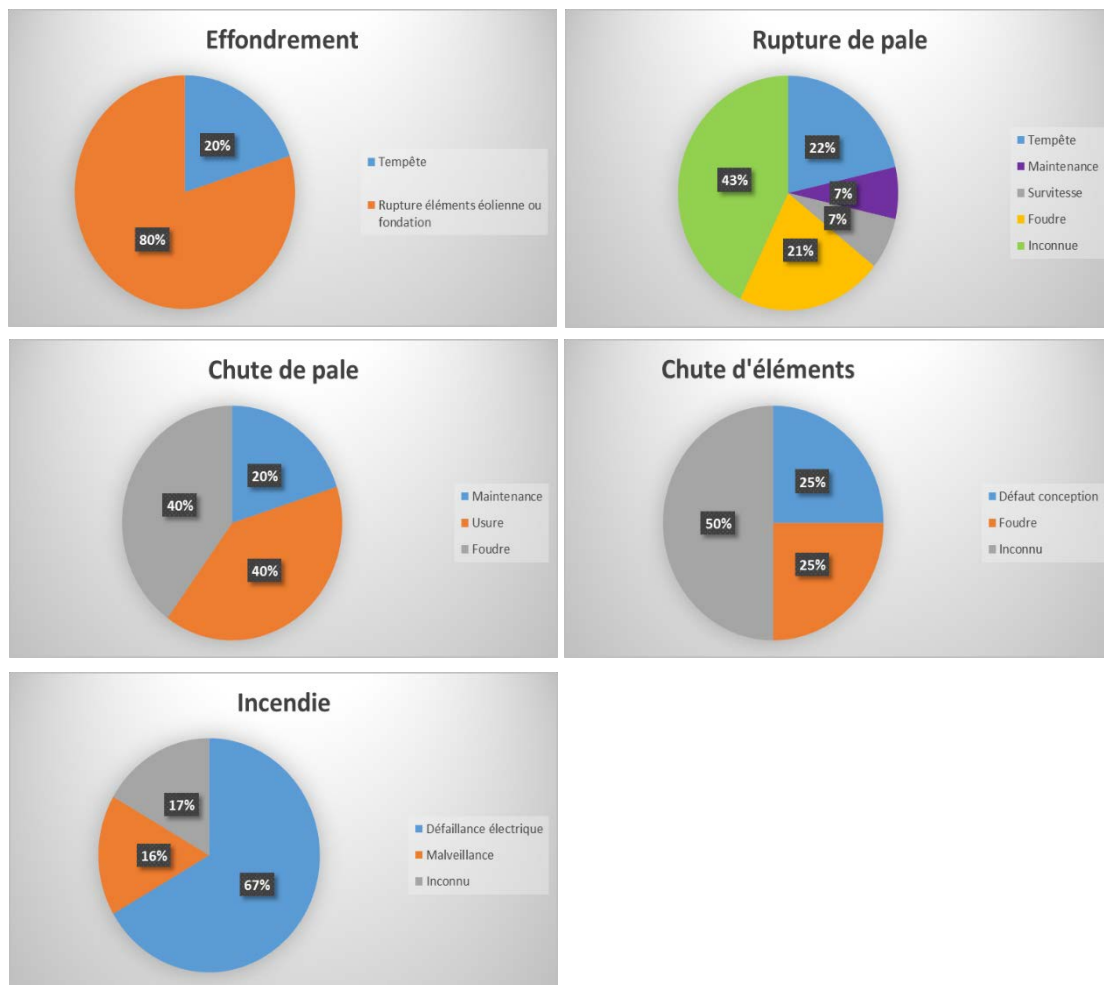


Figure 6.2 : Répartition des causes des événements accidentels – Source : guide technique – élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens

6.3 Inventaire des accidents et incidents à l'international

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

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

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

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

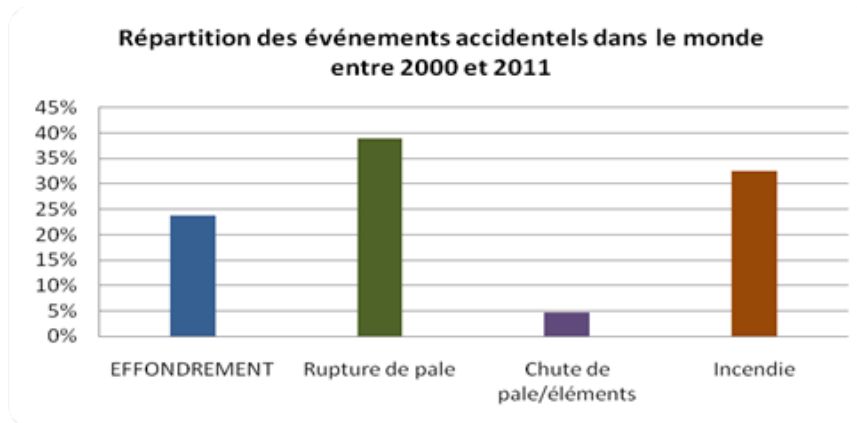


Figure 6.3 : Répartition des événements accidentels dans le monde

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

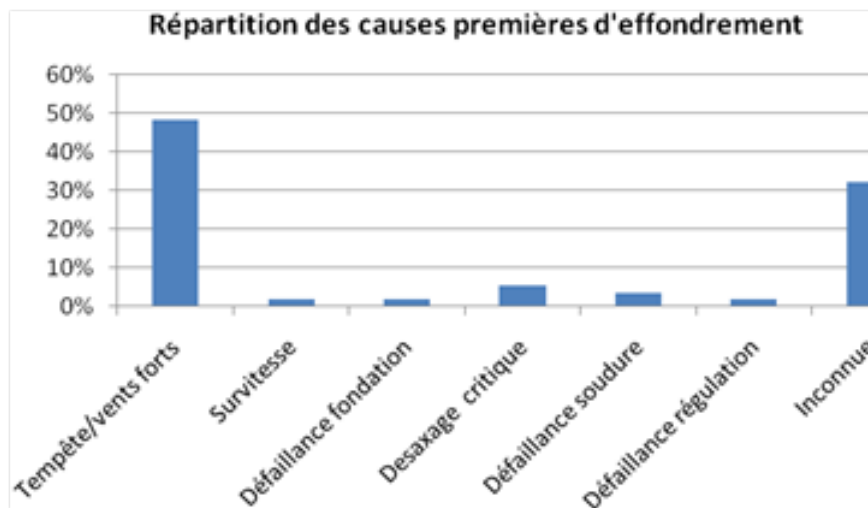


Figure 6.4 : Répartition des causes d'effondrement

Pièce 5.1 : Etude de dangers

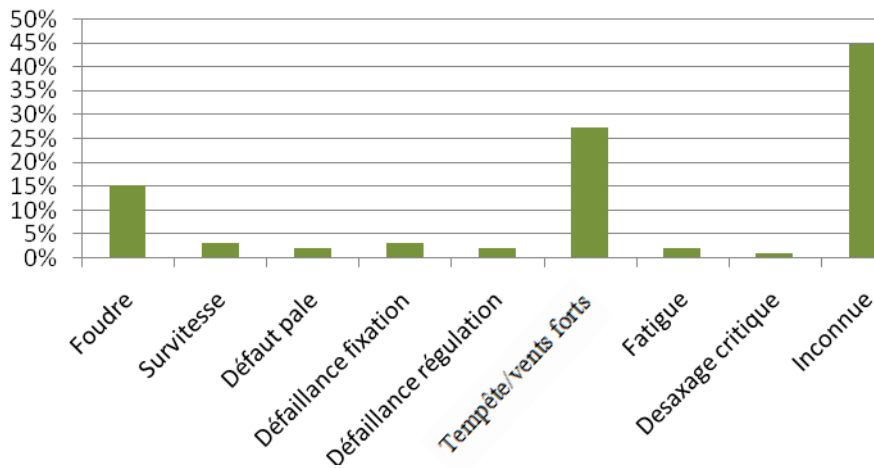


Figure 6.5 : Répartition des causes de rupture de pale

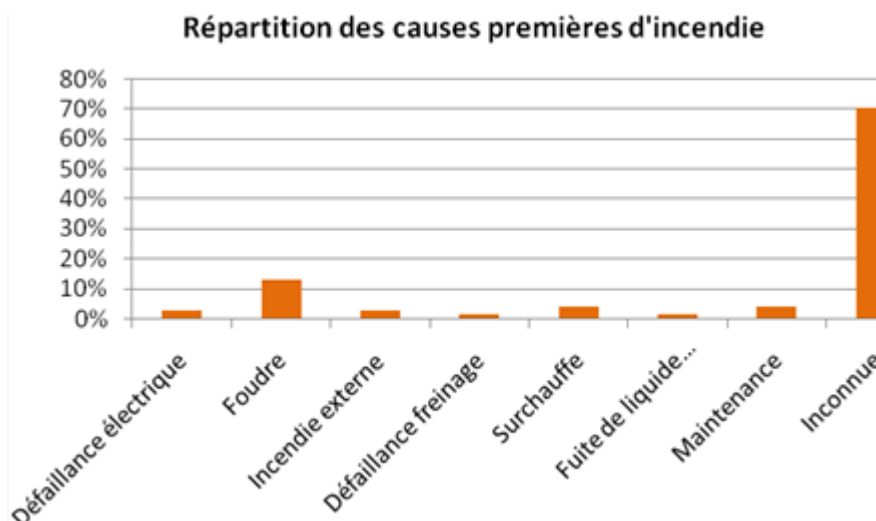


Figure 6.6 : Répartition des causes d'incendie

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 provient des tempêtes.

6.4 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

6.4.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

A partir de l'ensemble des phénomènes dangereux qui ont été recensés, il est possible d'étudier leur évolution en fonction du nombre d'éoliennes installées. La figure ci-après 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 des éoliennes de nouvelle génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres.

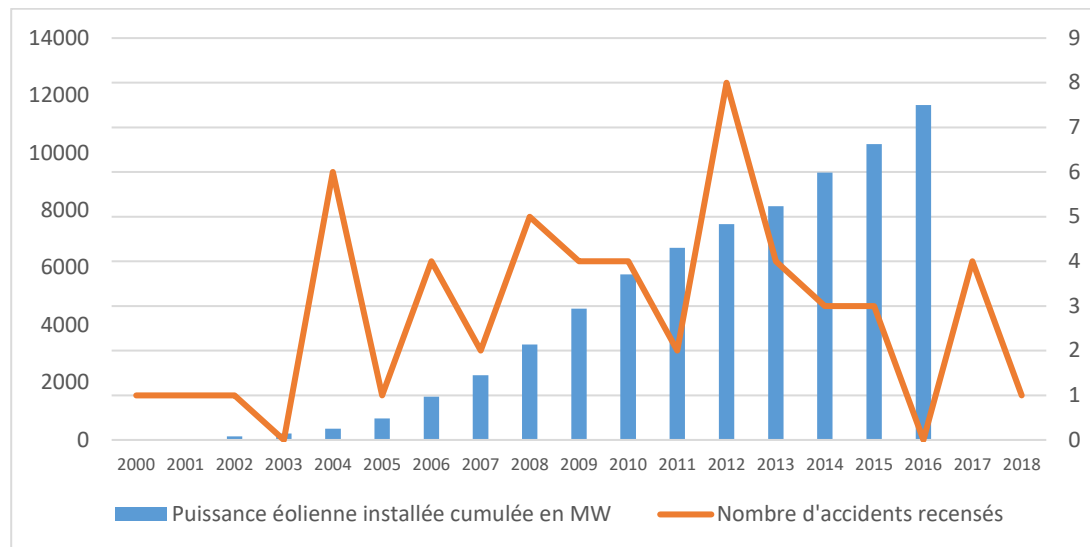


Figure 6.7 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

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

6.4.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

Si les éoliennes ont évolué en taille et en puissance dans le monde entier, leur technologie actuelle est également sensiblement différente des premières éoliennes installées. Les technologies sont aujourd'hui plus sûres et plus fiables grâce à de nombreuses évolutions technologiques telles que :

- les freins manuels (sur le moyeu) de rotor qui ont été remplacés par des systèmes de régulation aérodynamiques (pitch), évitant l'emballement et assurant des vitesses de rotation nominales constantes ;
- l'évolution des matériaux des pales vers des fibres composites ;
- le développement de nouveaux systèmes de communication par fibre optique, satellites, etc. qui ont permis d'améliorer la supervision des sites et la prise de commande à distance ;

- l'installation de nouveaux systèmes de sécurité (détection de glace, vibrations, arrêt automatiques, etc.).

Ainsi, les premiers incidents qui ont été rencontrés (bris de pales, incendies, effondrement, etc.) ont amené les constructeurs à améliorer sans cesse leurs aérogénérateurs. Grâce à ces évolutions, et le retour d'expérience qui confirme bien cette tendance, les incidents sont aujourd'hui très rares et concernent en majorité des éoliennes d'ancienne génération.

Il convient aussi de noter qu'à ce jour, en France et dans le monde, aucun accident n'a entraîné la mort d'une tierce personne (promeneurs, riverains) du fait de l'effondrement d'éoliennes, de bris de pales ou de projections de fragment de pales.

6.5 Limites d'utilisation de l'accidentologie

Ces retours d'expérience doivent être considérés 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.

7 Analyse préliminaire des risques

7.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarii d'accidents 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'accidents potentiels pour une installation (ainsi que des mesures de sécurité) basée sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

Les 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.

7.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

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

- chute de météorite ;
- séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation applicable aux installations classées considérées ;
- crue 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.

7.3 Recensement des agressions externes potentielles

La première étape de l'analyse des risques consiste à recenser les « agressions externes potentielles ». Ces agressions provenant d'une activité ou de l'environnement extérieur sont des événements susceptibles d'endommager ou de détruire les aérogénérateurs de manière à initier un accident qui peut à son tour impacter des personnes.

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

- les agressions externes liées aux activités humaines ;
- les agressions externes liées à des phénomènes naturels.

7.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

On peut considérer que seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 m (distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) peuvent constituer une agression externe, à l'exception des aérodromes implantés à moins de 2 km et des autres aérogénérateurs présents à moins de 500 mètres.

Les tableaux ci-après synthétisent les principales agressions externes liées aux activités humaines (Les éoliennes en rouge représentent les éoliennes accordées du parc éolien Sud Marne) :

Eoliennes considérées	Distance de centre à centre (en m)
EF1-EF2	622
EF2-EF3	644
EF3-EF4	601
EF4-EB1	561
EG1-EG2	638
EG2-EG3	572
EG3-EC1	603
EG3-EH1	1134
EH1-ED1	541
EH1-EC1	784
EF1-EG1	851
EF2-EG1	862
EF3-EG2	866
EF3-EG3	834
EF4-EG3	872
EJ1-EJ2	554
EJ1-EI1	1113
EJ2-EE1	1113
EI1-EE1	554
EI2-EE1	518
EJ3-EJ2	1068
EJ3-EI2	1051

Pièce 5.1 : Etude de dangers

Eoliennes considérées	Distance de centre à centre (en m)
EC9-ED8	793
ED8-ED7	505
EC9-EC8	505
ED8-EC8	773

Tableau 21 : Distances entre les éoliennes

Infrastructure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Présence dans le périmètre concerné	Distance par rapport au mât des éoliennes
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Oui	RD 9 : 175 m de EG3 Cette voie est non structurante (moins de 2000 véhicules / jour)
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Non	7 km à l'ouest
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Non	Ligne 400 kV : environ 2785 m au plus proche de EH1
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Non	L'éolienne ED8 se trouve à 505 m de ED7 qui appartient au parc éolien Sud Marne. Il en est de même pour les éoliennes EC9 et EC8

Tableau 22 : Agressions externes liées aux activités humaines

Les distances des éoliennes entre elles et avec la ligne HT et l'aérodrome sont assez importantes pour qu'il n'y ait pas de risque externe à prendre en compte.

7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Comme il a été précisé précédemment, les agressions externes liées à des inondations, à des incendies de forêt ou de cultures ou à des séismes ne sont pas considérées dans ce tableau dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

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

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

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux phénomènes naturels et l'intensité à laquelle les aérogénérateurs seraient soumis :

Agression externe	Intensité
Séisme	Zone où le risque sismique est très faible
Vents et tempête	Le site n'est pas concerné par un risque potentiel de tempête ou de grêle.
Foudre	Les éoliennes intègrent un système perfectionné de protection contre la foudre qui protège les pales et le reste de la structure en cas d'orage. Elles respectent en outre la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010)
Glissement de sols/ affaissement miniers	Risque de retrait/gonflement des argiles nul à faible

Tableau 23 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels

7.4 Scénarii étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

Après avoir recensé, dans un premier temps, les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux (voir paragraphes 5.1 et 5.2), l'APR doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

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 ;
- 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 précédemment cité (« 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).

Tableau 24 : Scénarii étudiés dans l'APR (1/4)

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement 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
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

Tableau 25 : Scénarii étudiés dans l'APR (2/4)

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

Pièce 5.1 : Etude de dangers
Tableau 26 : Scénarii étudiés dans l'APR (3/4)

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

Tableau 27 : Scénarii étudiés dans l'APR (4/4)

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/ chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/ chute fragments et chute mât	2
E03	Crash d'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
E04	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
E05	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°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
E06	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

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.

Des précisions sur les différents scénarii décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe 5.

7.5 Effets dominos

Lorsqu'un accident majeur a lieu sur une installation, les effets de cet accident peuvent potentiellement endommager d'autres installations voire conduire à un autre accident. Ce phénomène est appelé « effet domino ».

On peut distinguer deux types d'effets dominos : les effets dominos impactant les éoliennes et ceux créés par les éoliennes.

Les effets dominos créés par l'extérieur et susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans les tableaux d'analyse des risques génériques présentés ci-dessus (crash d'aéronef, usines extérieures...).

Les effets dominos créés par le parc éolien interviennent lorsqu'un accident ayant lieu sur une des éoliennes impacte une usine voisine, une route très passante, etc. Ce type d'effets peut par exemple survenir lors de la projection de pale impactant les canalisations d'une usine à proximité, ce qui peut conduire à des fuites de canalisations de substances dangereuses.

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 projet Extension Sud Marne vient en prolongement du projet éolien Sud Marne autorisé. Le tableau suivant indique les distances les plus courtes entre les éoliennes du parc Sud Marne et celles du projet d'Extension :

Eolienne du parc Sud Marne	Eolienne du projet Extension Sud Marne	Distance en m
EB1	EF4	561
EC1	EG3	603
ED1	EH1	541
EC1	EH1	784
EE1	EJ2	1 113
EE1	EI1	554
ED7	ED8	505
EC8	EC9	505
EC8	ED8	773

Tableau 28 : Distance entre le parc Sud Marne et le projet Extension Sud Marne

Compte tenu de la distance supérieure à 500 m entre les éoliennes du parc Sud Marne et celles de l'Extension Sud Marne, il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.

7.6 Mise en place des mesures de sécurité

La troisième étape de l'analyse préliminaire des risques consiste à identifier les barrières de sécurité installées sur les aérogénérateurs et qui interviennent dans la prévention et/ou la limitation des phénomènes dangereux listés dans le tableau APR et de leurs conséquences.

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées sur tous les modèles d'éoliennes et donc mises en œuvre sur les éoliennes du projet Extension Sud Marne. 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 de « 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 »).
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.
- **Test (fréquence)** : 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.



Pièce 5.1 : Etude de dangers

Tableau 29 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (1/5)

1	PREVENIR LA MISE EN MOUVEMENT DE L'EOLIENNE LORS DE LA FORMATION DE GLACE
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011
Efficacité	100 %
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement
2	PREVENIR L'ATTEINTE DES PERSONNES PAR LA CHUTE DE GLACE
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 considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.
Tests	NA
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.
3	PREVENIR L'ECHAUFFEMENT SIGNIFICATIF DES PIÈCES MECANIQUES
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
Description	/
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	Test permanent des capteurs
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. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.

Note : « NA » : Non Applicable

Tableau 30 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (2/5)

4	PREVENIR LA SURVITESSE
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.
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	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.
5	PREVENIR LES COURTS-CIRCUITS
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.

Tableau 31 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (3/5)

6	PREVENIR LES EFFETS DE LA Foudre
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) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques
Indépendance	Oui
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif
Efficacité	100 %
Tests	/
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.
7	PROTECTION ET INTERVENTION INCENDIE
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	/
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.

Tableau 32 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (4/5)

8	PREVENTION ET RETENTION DES FUITES
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution
Description	<p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.</p> <p>Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange.</p> <p>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) - de récupérer les déchets absorbés. <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.</p>
Indépendance	Oui
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite
Efficacité	100 %
Tests	/
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an

9	PREVENIR LES DEFAUTS DE STABILITE DE L'EOLIENNE ET LES DEFAUTS D'ASSEMBLAGE (CONSTRUCTION – EXPLOITATION)
Mesures de sécurité	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	<p>La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne.</p> <p>Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	NA
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.

Tableau 33 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (5/5) (Note : « NA » : Non Applicable)

10	PREVENIR LES ERREURS DE MAINTENANCE
Mesures de sécurité	Procédure maintenance
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	Contrôle régulier des connaissances du personnel et formation régulière
Maintenance	NA
11	PREVENIR LES RISQUES DE DEGRADATION DE L'EOLIENNE EN CAS DE VENT FORT
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	< 1 min
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.
Tests	Tests de l'arrêt, l'arrêt d'urgence et l'arrêt en cas de survitesse
Maintenance	Vérification lors de la mise en service puis tous les ans

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

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

7.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

Tableau 34 : Scénarii exclus de l'étude détaillée

NOM DU SCENARIO EXCLU	JUSTIFICATION
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	<p>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/m² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.</p> <p>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.</p>
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	<p>En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)</p>
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	<p>Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul.</p> <p>Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.</p>
Infiltration d'huile dans le sol	<p>En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.</p> <p>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.</p>

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

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

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

8 Etude détaillée des risques

8.1 Objectif de l'analyse détaillée des risques

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

8.2 Rappel des définitions

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l'intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l'**arrêté ministériel du 29 septembre 2005**. Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et toxique.

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

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

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

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

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

8.2.1 Cinétique

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

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

8.2.2 Intensité

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

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 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.

INTENSITE	DEGRE D'EXPOSITION
exposition très forte	Supérieur à 5 %
exposition forte	Compris entre 1 % et 5 %
exposition modérée	Inférieur à 1 %

Tableau 35 : Degré d'exposition

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

8.2.3 Gravité

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

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 3. 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.

INTENSITE GRAVITE	EXPOSITION TRES FORTE	EXPOSITION FORTE	EXPOSITION MODEREE
« DESASTREUX »	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
« SERIEUX »	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
« MODERE »	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 36 : Gravité

8.2.4 Probabilité

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

Tableau 37 : Niveaux de probabilité

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

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)



Pièce 5.1 : Etude de dangers

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.

8.2.1 Acceptabilité des risques

Pour conclure à l'acceptabilité des risques présentés par le parc éolien, chaque scénario est placé selon sa gravité et sa probabilité dans la matrice de criticité présentée ci-dessous et adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 :

Tableau 38 : Matrice d'acceptabilité des risques

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

Avec :

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible	Green	acceptable
Risque faible	Yellow	acceptable
Risque important	Red	non acceptable



8.2.2 Caractéristiques retenues des éoliennes

Deux modèles d'éolienne ont été retenus. Leurs caractéristiques sont équivalentes, mais elles sont de deux constructeurs différents.

Ces modèles sont :

- La Vestas V150
- La Nordex N149

Les caractéristiques de ces deux modèles, nécessaires au calcul des risques sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Caractéristiques	V150 -4,2 MW	N149-4,5 MW
Diamètre du rotor	150 m	149,1 m
Longueur de la pale	73,66 m	72,4 m
Largeur à la base de la pale	4,2 m	4,5 m
Largeur moyenne du mat	4 m	4,06 m
Hauteur du moyeu	125 m	125 m
Zone d'effet : projection de tout ou partie de pale	500 m	500 m
Zone d'effet : effondrement de l'éolienne - hauteur de l'éolienne en bout de pale	200 m	199,55 m
Zone d'effet : chute d'éléments de l'éolienne – moitié du rotor	75 m	74,55 m
Zone d'effet : chute de glace – moitié du rotor	75 m	74,55 m
Zone d'effet : projection de glace – 1,5 x (hauteur du moyeu + diamètre du rotor)	412,5 m	411 m

Tableau 39 : Caractéristiques des éoliennes

Pour l'ensemble des 5 risques évalués, la zone d'effet de l'éolienne V150 est égales ou supérieure à celle de la N149. **Nous avons donc retenu les caractéristiques de l'éolienne Vestas V150 pour l'évaluation de cette étude de dangers.**

8.3 Caractérisation des scénarii retenus

8.3.1 Effondrement de l'éolienne

8.3.1.1 Zone d'effet

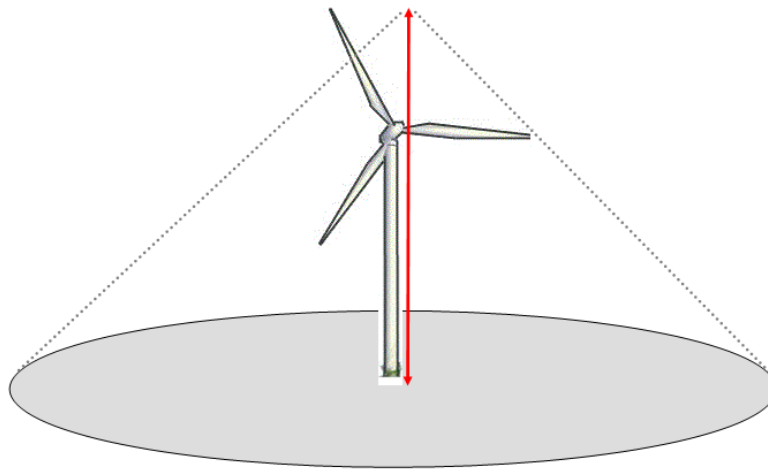


Figure 8.1 : Effondrement de l'éolienne – Schéma de principe de la distance d'effet

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 dans le cas des éoliennes du projet Extension Sud Marne, **200 mètres**.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie présentée dans le guide de l'Ineris. 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.

8.3.1.2 Intensité

Le guide technique de rédaction des études de dangers réalisée par l'Ineris et daté de mai 2012 semble présenter une erreur puisque deux définitions du degré d'exposition sont présentées :

- 1^{ère} définition : 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,
- 2^{ème} définition : le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface de l'éolienne (surface des pâles uniquement (3 formes triangulaires) et surface du mât non balayée par le rotor) d'une part, et la superficie de la zone d'effet du phénomène d'autre part.



Pièce 5.1 : Etude de dangers

La 1^{ère} définition étant majorante (surface balayée par le rotor plus grande que surface des pales uniquement, donc degré d'exposition plus élevé), nous nous baserons sur cette méthode de calcul du degré d'exposition et donc de l'intensité, à savoir :

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 (violet), d'une part, et la superficie de la zone d'effet du phénomène (rouge), d'autre part :

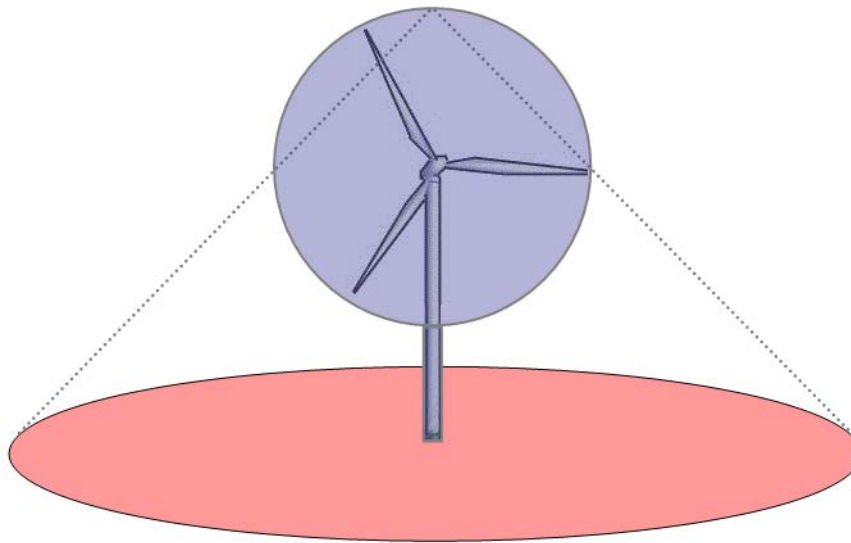


Figure 8.2 : Effondrement de l'éolienne – Intensité

On a donc :

$$D_{\text{exposition}} = \frac{(H) \times L + 3 \times R \times l_p / 2}{\text{PI} \times H_{\text{tot}}^2}$$

Avec :

- H la hauteur du mât,
- L la largeur du mât,
- R la longueur de la pale,
- l_p la largeur de la pale,
- H_{tot} la hauteur en bout de pale de l'éolienne,

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne :

Tableau 40 : Effondrement de l'éolienne – intensité

Dimensions de l'éolienne (en m)					Zone d'impact en m ²	Zone d'effet en m ²	Degré d'exposition (en %)	Intensité
H	R	L	H_{tot}	l_p				
125	73,66	4	200	4,2	964,1	70 685,8	1,36	Exposition forte

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

La carte suivante reprend les zones potentiellement touchées en cas d'effondrement des éoliennes.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

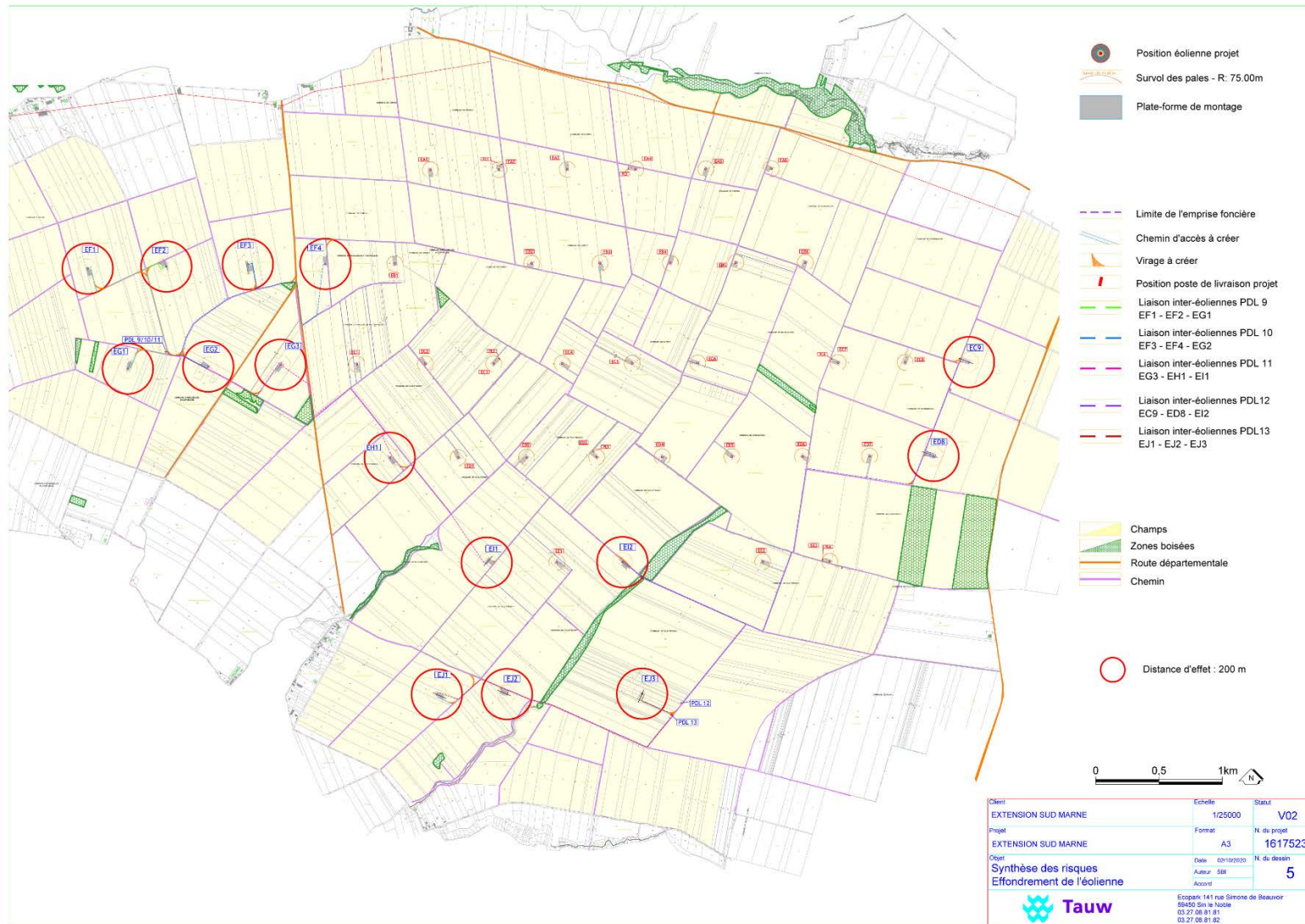


Figure 8.3 : Effondrement de l'éolienne – carte des distances d'effets

8.3.1.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.2.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne.

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur du projet Extension Sud Marne, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement et la gravité associée :

Tableau 41 : Effondrement de l'éolienne – gravité

Eolienne	Terrain très peu fréquenté (0,01pers/ha)		Routes non structurantes et chemins agricoles (0,1 pers/ha)		Nb de personnes exposées au total	Gravité
	surface exposée en ha	nb de personnes exposées	surface exposée en ha	nb de personnes exposées		
EF1	6,2600	0,0626	0,8086	0,0809	0,1435	Sérieux
EF2	6,3730	0,0637	0,6956	0,0696	0,1333	Sérieux
EF3	6,6901	0,0669	0,3785	0,0378	0,1047	Sérieux
EF4	6,5926	0,0659	0,4759	0,0476	0,1135	Sérieux
EG1	6,5662	0,0657	0,5023	0,0502	0,1159	Sérieux
EG2	6,5779	0,0658	0,4907	0,0491	0,1148	Sérieux
EG3	6,7686	0,0677	0,3000	0,0300	0,0977	Sérieux
EH1	6,1466	0,0615	0,9220	0,0922	0,1537	Sérieux
EC9	6,5015	0,0650	0,5670	0,0567	0,1217	Sérieux
ED8	6,5773	0,0658	0,4912	0,0491	0,1149	Sérieux
EI1	6,5724	0,0657	0,4962	0,0496	0,1153	Sérieux
EI2	6,3907	0,0639	0,6779	0,0678	0,1317	Sérieux
EJ1	6,6210	0,0662	0,4476	0,0448	0,1110	Sérieux
EJ2	6,3210	0,0632	0,7475	0,0748	0,1380	Sérieux
EJ3	6,8348	0,0683	0,2338	0,0234	0,0917	Sérieux

8.3.1.4 Probabilité

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

Tableau 42 : Effondrement d'une éolienne - probabilité

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience¹, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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

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

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

¹ 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.

8.3.1.5 Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet Extension Sud Marne, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 43 : Effondrement d'une éolienne - niveau de risque

Eolienne	Probabilité	Gravité	Niveau de risque
EF1	D	Sérieux	Très faible
EF2		Sérieux	Très faible
EF3		Sérieux	Très faible
EF4		Sérieux	Très faible
EG1		Sérieux	Très faible
EG2		Sérieux	Très faible
EG3		Sérieux	Très faible
EH1		Sérieux	Très faible
EC9		Sérieux	Très faible
ED8		Sérieux	Très faible
EI1		Sérieux	Très faible
EI2		Sérieux	Très faible
EJ1		Sérieux	Très faible
EJ2		Sérieux	Très faible
EJ3		Sérieux	Très faible

Ainsi, pour le projet Extension Sud Marne, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.3.2 Chute de glace

8.3.2.1 Considération générale

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, 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. Le projet du projet Extension Sud Marne se situe dans une zone de « risque faible » pour les éoliennes soit 1 jour 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.

8.3.2.2 Zone d'effet

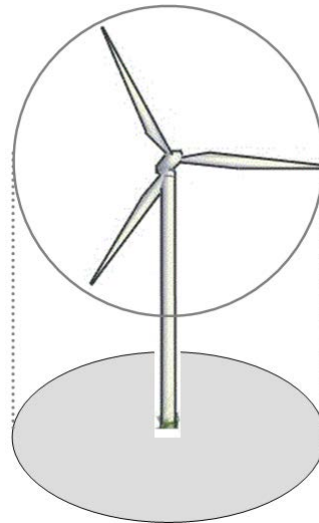


Figure 8.4 : Chute de glace — Schéma de principe de la distance d'effets

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, soit **75 mètres**.

Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

8.3.2.3 Intensité

Pour le phénomène de chute de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (considérée de façon majorante égale à 1m²) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol) :

$$D_{\text{exposition}} = \frac{1}{(\Pi \times D_{\text{effet}}^2)}$$

Avec D_{effet} la distance d'effet

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du projet Extension Sud Marne.

Tableau 44 : Chute de glace – intensité

Zone d'impact (en m ²)	Distance d'effet (en m)	Zone d'effet (en m ²)	Degré d'exposition (en %)	Intensité
1	75	17 663	0.006	Exposition modérée

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

La carte suivante reprend les zones potentiellement touchées par le phénomène de chute de glace.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

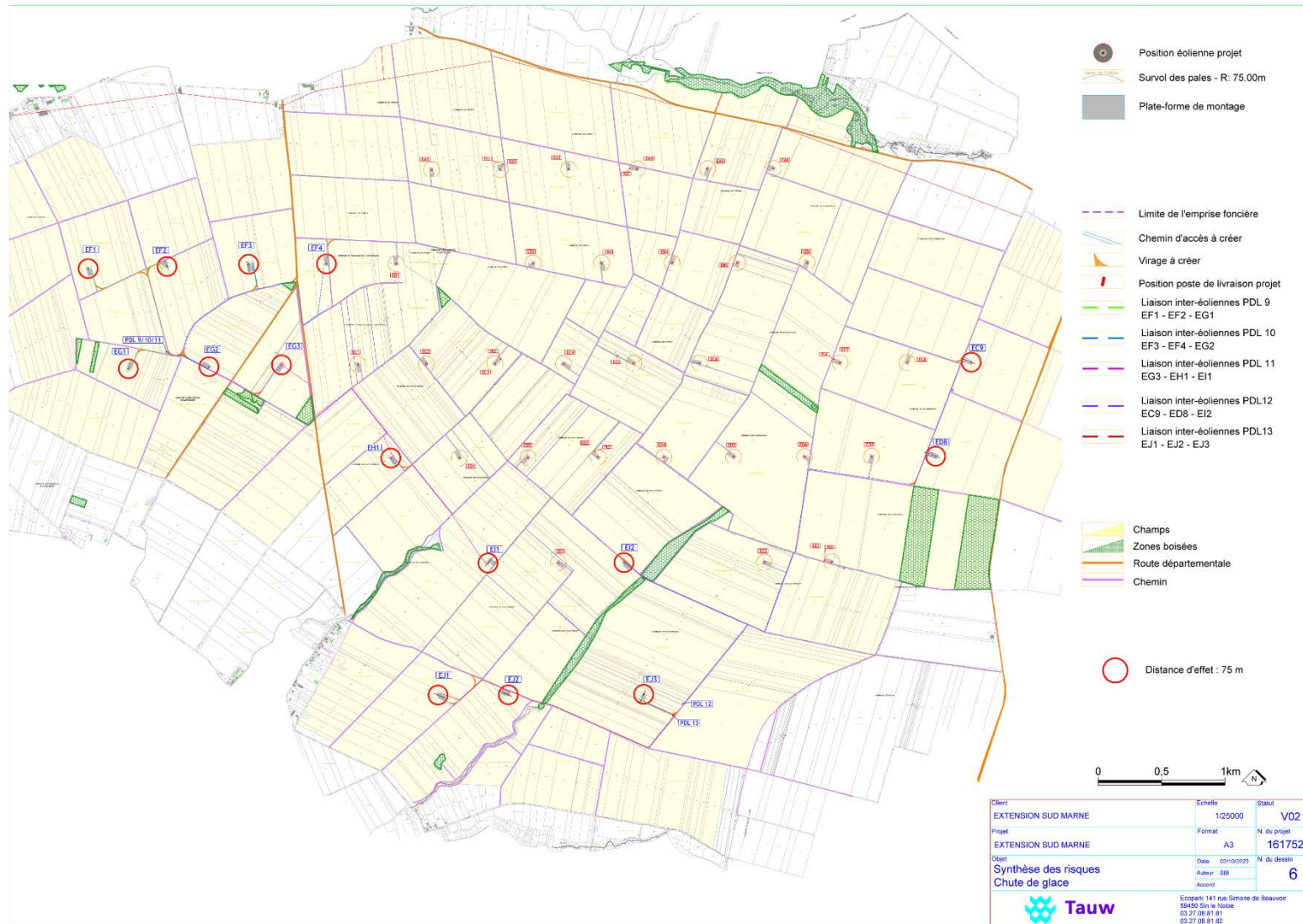


Figure 8.5 : Chute de glace – carte des distances d'effets

8.3.2.4 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.2.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne.

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.

Tableau 45 : Chute de glace – gravité

Eolienne	Terrain très peu fréquenté (0,01pers/ha)		Routes non structurantes et chemins agricoles (0,1 pers/ha)		nb de personnes exposées au total	Gravité
	surface exposée (en ha)	nb de personnes exposées	surface exposée en ha	nb de personnes exposées		
EC9	1,5900	0,0159	0,1762	0,0176	0,0335	Modéré
EC9	1,4856	0,0149	0,2807	0,0281	0,0429	Modéré
EC9	1,5384	0,0154	0,2279	0,0228	0,0382	Modéré
EC9	1,5148	0,0151	0,2515	0,0251	0,0403	Modéré
EC9	1,5889	0,0159	0,1773	0,0177	0,0336	Modéré
EC9	1,4952	0,0150	0,2711	0,0271	0,0421	Modéré
EC9	1,5918	0,0159	0,1744	0,0174	0,0334	Modéré
EC9	1,5843	0,0158	0,1819	0,0182	0,0340	Modéré
EC9	1,5384	0,0154	0,2278	0,0228	0,0382	Modéré
ED8	1,5609	0,0156	0,2054	0,0205	0,0361	Modéré
EI1	1,4788	0,0148	0,2874	0,0287	0,0435	Modéré
EI2	1,4311	0,0143	0,3352	0,0335	0,0478	Modéré
EJ1	1,5894	0,0159	0,1768	0,0177	0,0336	Modéré
EJ2	1,4273	0,0143	0,3389	0,0339	0,0482	Modéré
EJ3	1,5891	0,0159	0,1771	0,0177	0,0336	Modéré

8.3.2.5 Probabilité

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

8.3.2.6 Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet Extension Sud Marne, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 46 : Chute de glace – niveau de risque

Eolienne	Probabilité	Gravité	Niveau de risque
EC9	A	Modéré	Faible
EC9		Modéré	Faible
EC9		Modéré	Faible
EC9		Modéré	Faible
EC9		Modéré	Faible
EC9		Modéré	Faible
EC9		Modéré	Faible
EC9		Modéré	Faible
EC9		Modéré	Faible
EC9		Modéré	Faible
ED8		Modéré	Faible
EI1		Modéré	Faible
EI2		Modéré	Faible
EJ1		Modéré	Faible
EJ2		Modéré	Faible
EJ3	Modéré	Faible	

Ainsi, pour le projet Extension Sud Marne, 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 grand froid.

8.3.3 Chute d'éléments de l'éolienne

8.3.3.1 Zone d'effet

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor, soit dans le cas du projet Extension Sud Marne : **75 mètres**.

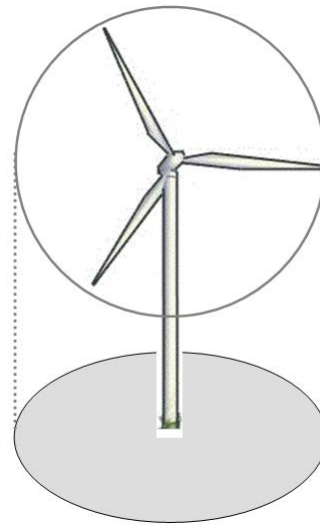


Figure 8.6 : Chute d'éléments de l'éolienne - - Schéma de principe de la distance d'effet

8.3.3.2 Intensité

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

Ainsi, le degré d'exposition s'obtient par la formule suivante :

$$D_{\text{exposition}} = \frac{L_p \times \frac{l_p}{2}}{(\pi \times D_{\text{effet}}^2)}$$

Avec :

- L_p la longueur de pale
- l_p la largeur de la pale
- D_{effet} la distance d'effet

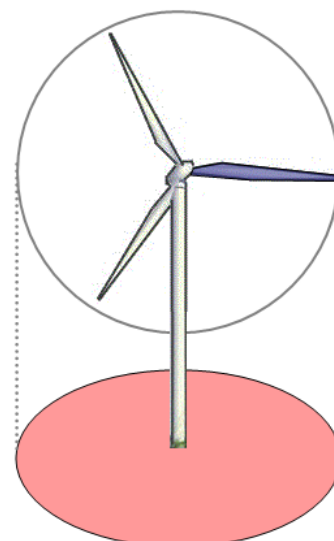


Figure 8.7 : Chute d'éléments de l'éolienne - intensité



Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du projet Extension Sud Marne.

Tableau 47 : Chute d'éléments de l'éolienne – intensité

Longueur de pale Lp en m	Zone d'impact en m ²	Distance d'effet	Zone d'effet en m ²	Degré d'exposition (en %)	Intensité
73,66	154,7	75	17 662	0,876	Exposition modérée

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

La carte suivante reprend les zones d'effets du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne.

Pièce 5.1 : Etude de dangers



Figure 8.8 : Chute d'éléments de l'éolienne – carte des distances d'effet

8.3.3.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.2.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne, dans la zone de survol de l'éolienne.

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.

Tableau 48 : Chute d'éléments de l'éolienne – gravité

Eolienne	Terrain très peu fréquenté (0,01pers/ha)		Routes non structurantes et chemins agricoles (0,1 pers/ha)		nb de personnes exposées au total	Gravité
	surface exposée (en ha)	nb de personnes exposées	surface exposée en ha	nb de personnes exposées		
EF1	1,5900	0,0159	0,1762	0,0176	0,0335	Modéré
EF2	1,4856	0,0149	0,2807	0,0281	0,0429	Modéré
EF3	1,5384	0,0154	0,2279	0,0228	0,0382	Modéré
EF4	1,5148	0,0151	0,2515	0,0251	0,0403	Modéré
EG1	1,5889	0,0159	0,1773	0,0177	0,0336	Modéré
EG2	1,4952	0,0150	0,2711	0,0271	0,0421	Modéré
EG3	1,5918	0,0159	0,1744	0,0174	0,0334	Modéré
EH1	1,5843	0,0158	0,1819	0,0182	0,0340	Modéré
EC9	1,5384	0,0154	0,2278	0,0228	0,0382	Modéré
ED8	1,5609	0,0156	0,2054	0,0205	0,0361	Modéré
EI1	1,4788	0,0148	0,2874	0,0287	0,0435	Modéré
EI2	1,4311	0,0143	0,3352	0,0335	0,0478	Modéré
EJ1	1,5894	0,0159	0,1768	0,0177	0,0336	Modéré
EJ2	1,4273	0,0143	0,3389	0,0339	0,0482	Modéré
EJ3	1,5891	0,0159	0,1771	0,0177	0,0336	Modéré

8.3.3.4 Probabilité

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

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

8.3.3.5 Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet Extension Sud Marne, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 49 : Chute d'éléments de l'éolienne – niveau de risque

Eolienne	Probabilité	Gravité	Niveau de risque
EF1	C	Modéré	Très faible
EF2		Modéré	Très faible
EF3		Modéré	Très faible
EF4		Modéré	Très faible
EG1		Modéré	Très faible
EG2		Modéré	Très faible
EG3		Modéré	Très faible
EH1		Modéré	Très faible
EC9		Modéré	Très faible
ED8		Modéré	Très faible
EI1		Modéré	Très faible
EI2		Modéré	Très faible
EJ1		Modéré	Très faible
EJ2		Modéré	Très faible
EJ3		Modéré	Très faible

Ainsi, pour le projet Extension Sud Marne, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.



8.3.4 Projection de pales ou de fragments de pales

8.3.4.1 Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe 4, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail 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.

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] (cf. annexe 2).

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.

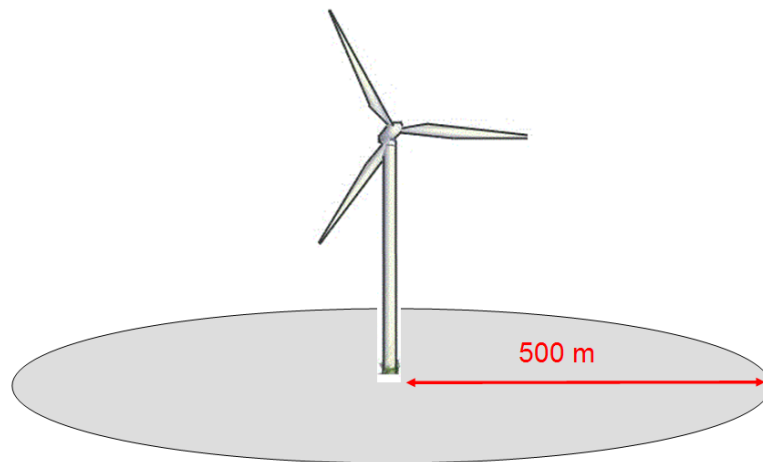


Figure 8.9 : Projection de pales ou de fragments de pale - – Schéma de principe de la distance d'effet

8.3.4.2 Intensité

Pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière, de forme triangulaire) (violet) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (500 m) (rouge) :

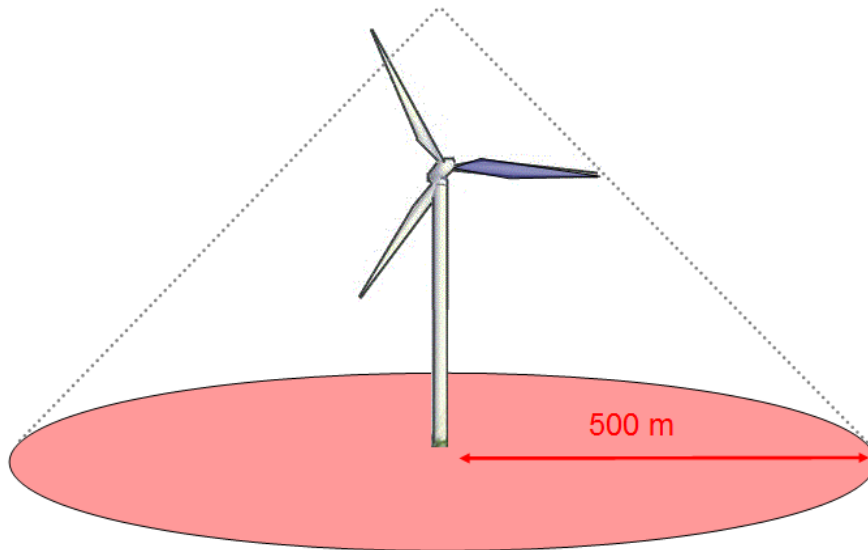


Figure 8.10 : Projection de pales ou de fragments de pale - Intensité

Ainsi, le degré d'exposition s'obtient par la formule suivante :

$$D_{\text{exposition}} = \frac{L_p \times \frac{l_p}{2}}{(\Pi \times D_{\text{effet}}^2)}$$

Avec :

- L_p la longueur de pale,
- l_p la largeur de la pale
- D_{effet} la distance d'effet

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du projet Extension Sud Marne.

Tableau 50 : Projection de pales ou de fragments de pale – intensité

Longueur de pale L_p	Zone d'impact	Distance d'effet	Zone d'effet en m^2	Degré d'exposition	Intensité
73,66	154,7	500	785 398	0.020	Exposition modérée

La carte suivante reprend les distances d'effets du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale ainsi que les zones potentiellement atteintes.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

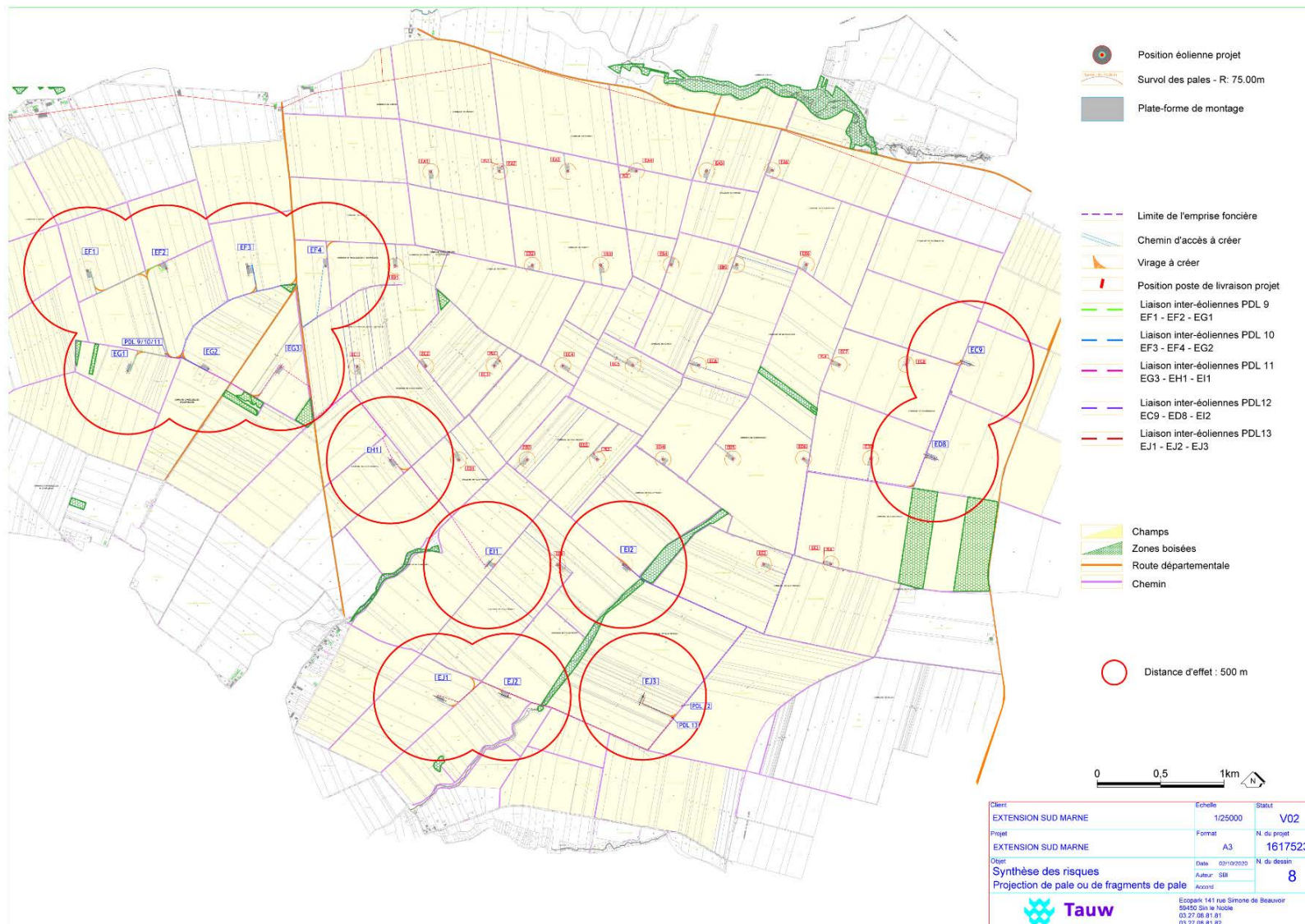


Figure 8.11 : Projection de pales ou de fragments de pale – carte des distances d'effets

8.3.4.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.2.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne.

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

Tableau 51 : Projection de pales ou de fragments de pale – gravité

Eolienne	Terrain très peu fréquenté (0,01pers/ha)		Routes non structurantes et chemins agricoles (0,1 pers/ha)		nb de personnes exposées au total	gravité
	surface exposée en ha	nb de personnes exposées	surface exposée en ha	nb de personnes exposées		
EF1	75,9053	0,7591	2,6345	0,2635	1,0225	Sérieux
EF2	76,3525	0,7635	2,1873	0,2187	0,9823	Modéré
EF3	74,9136	0,7491	3,6262	0,3626	1,1118	Sérieux
EF4	74,9220	0,7492	3,6179	0,3618	1,1110	Sérieux
EG1	75,5436	0,7554	2,9962	0,2996	1,0551	Sérieux
EG2	75,2667	0,7527	3,2731	0,3273	1,0800	Sérieux
EG3	74,7846	0,7478	3,7553	0,3755	1,1234	Sérieux
EH1	76,2175	0,7622	2,3223	0,2322	0,9944	Modéré
EC9	75,9202	0,7592	2,6196	0,2620	1,0212	Sérieux
ED8	76,5656	0,7657	1,9742	0,1974	0,9631	Modéré
EI1	77,1096	0,7711	1,4302	0,1430	0,9141	Modéré
EI2	76,6921	0,7669	1,8477	0,1848	0,9517	Modéré
EJ1	75,8918	0,7589	2,6480	0,2648	1,0237	Sérieux
EJ2	74,9682	0,7497	3,5716	0,3572	1,1068	Sérieux
EJ3	76,4450	0,7644	2,0948	0,2095	0,9739	Modéré

8.3.4.4 Probabilité

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

Tableau 52 : Projection de pales ou de fragments de pale - probabilité

SOURCE	FREQUENCE	JUSTIFICATION
Site specific hazard assesment for a wind farm project	1×10^{-6}	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines	$1, 1 \times 10^{-3}$	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances	$6, 1 \times 10^{-4}$	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit $7,66 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an). Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « *Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ».

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

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

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

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

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

8.3.4.5 Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet Extension Sud Marne, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 53 : Projection de pales ou de fragments de pale – niveau de risque

Eolienne	Probabilité	Gravité	Niveau de risque
EF1	D	Sérieux	Très faible
EF2		Modéré	Très faible
EF3		Sérieux	Très faible
EF4		Sérieux	Très faible
EG1		Sérieux	Très faible
EG2		Sérieux	Très faible
EG3		Sérieux	Très faible
EH1		Modéré	Très faible
EC9		Sérieux	Très faible
ED8		Modéré	Très faible
EI1		Modéré	Très faible
EI2		Modéré	Très faible
EJ1		Sérieux	Très faible
EJ2		Sérieux	Très faible
EJ3		Modéré	Très faible

Ainsi, pour le projet Extension Sud Marne, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.3.5 Projection de glace

8.3.5.1 Zone d'effet

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [15] (cf. annexe 2) 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 :

$$\text{Distance d'effet} = 1,5 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{diamètre de rotor}) = 1,5 \times (125 + 150) = 412,5 \text{ m}$$

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures évoquées dans le guide technique de l'Ineris. 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.

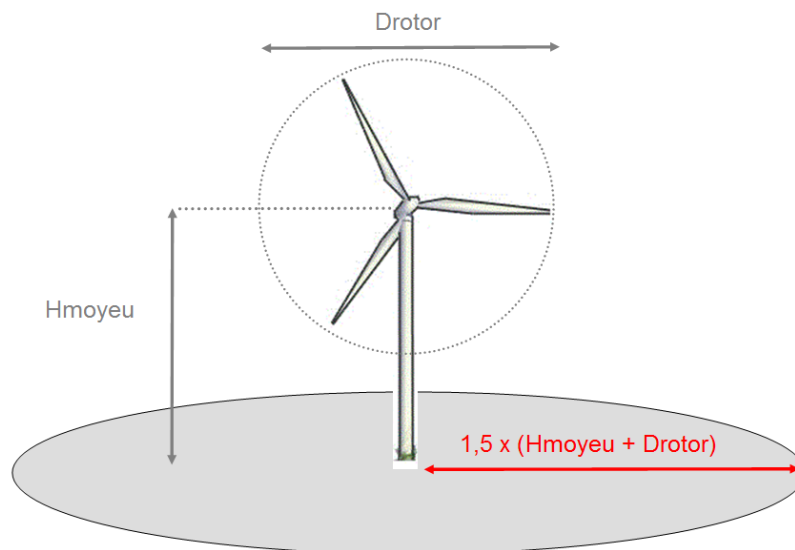


Figure 8.12 : Projection de glace — Schéma de principe de la distance d'effet

Ainsi, pour le projet Extension Sud Marne, les distances d'effet sont de 384 mètres pour tous les aérogénérateurs.

8.3.5.2 Intensité

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



$$D_{\text{exposition}} = \frac{1}{(\Pi \times D_{\text{effet}}^2)}$$

Avec D_{effet} la distance d'effet

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du projet Extension Sud Marne.

Tableau 54 : Projection de glace – intensité

Zone d'impact	Distance d'effet	Zone d'effet en m ²	Degré d'exposition	Intensité
1	412,5	534 562	0.000187	Exposition modérée

La carte suivante reprend les distances d'effets du phénomène de projection de morceaux de glace.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

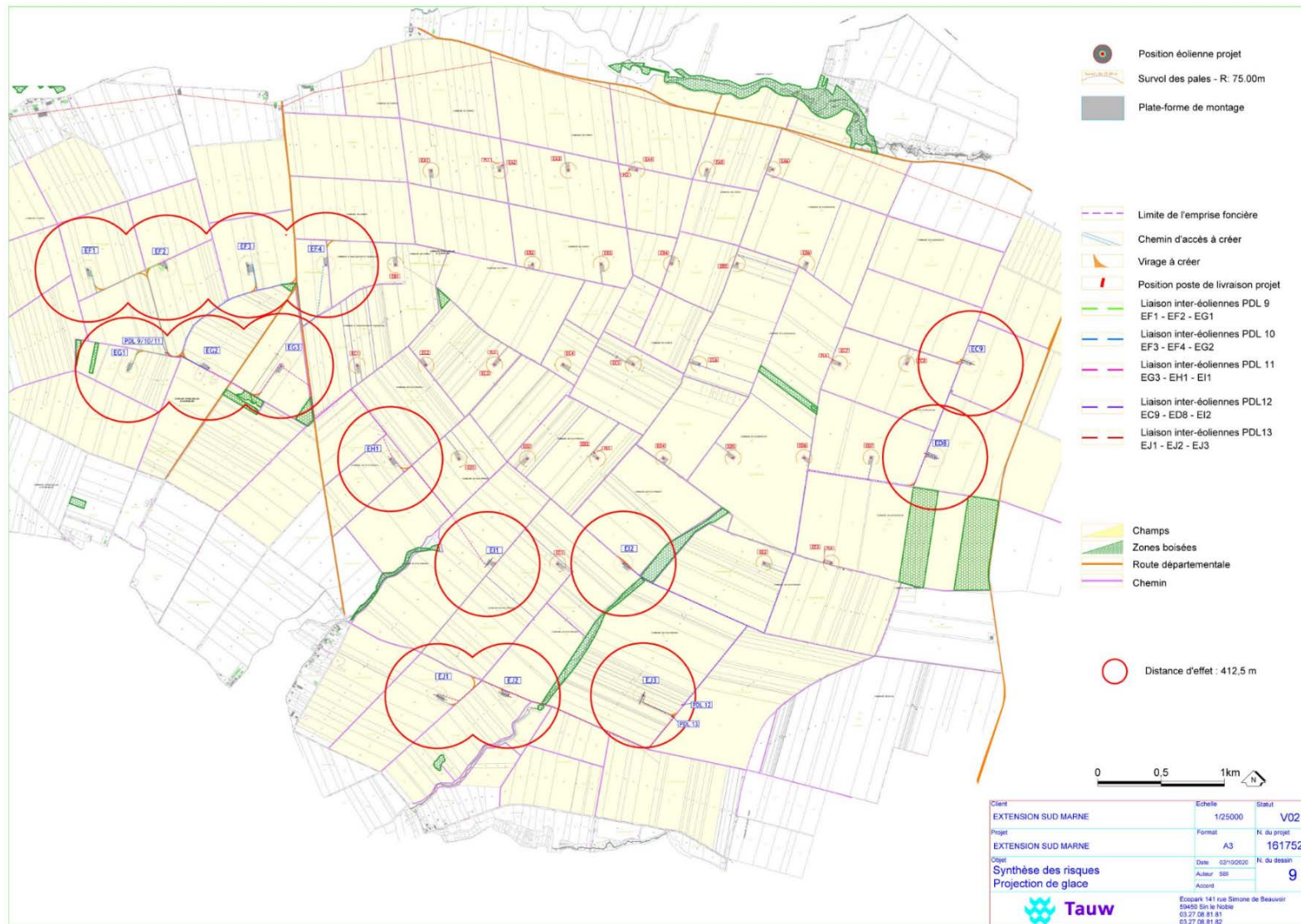


Figure 8.13 : Projection de morceaux de glace – carte des distances d'effets

8.3.5.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.2.3, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène. 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 :

Tableau 55 : Projection de glace – gravité

Eolienne	Terrain très peu fréquenté (0,01 pers/ha)		Routes non structurantes et chemins agricoles (0,1 pers/ha)		nb de personnes exposées au total	Gravité
	surface exposée	nb de personnes exposées	surface exposée en ha	nb de personnes exposées		
EF1	51,8685	0,5187	1,5877	0,1588	0,6775	Modéré
EF2	51,8459	0,5185	1,6102	0,1610	0,6795	Modéré
EF3	51,1907	0,5119	2,2654	0,2265	0,7384	Modéré
EF4	50,8459	0,5085	2,6102	0,2610	0,7695	Modéré
EG1	51,3965	0,5140	2,0596	0,2060	0,7199	Modéré
EG2	51,1928	0,5119	2,2633	0,2263	0,7383	Modéré
EG3	50,9227	0,5092	2,5335	0,2533	0,7626	Modéré
EH1	51,6569	0,5166	1,7992	0,1799	0,6965	Modéré
EC9	51,7688	0,5177	1,6874	0,1687	0,6864	Modéré
ED8	52,1089	0,5211	1,3473	0,1347	0,6558	Modéré
EI1	52,6829	0,5268	0,7732	0,0773	0,6042	Modéré
EI2	51,9531	0,5195	1,5031	0,1503	0,6698	Modéré
EJ1	51,7135	0,5171	1,7426	0,1743	0,6914	Modéré
EJ2	50,9459	0,5095	2,5102	0,2510	0,7605	Modéré
EJ3	52,2926	0,5229	1,1636	0,1164	0,6393	Modéré

8.3.5.4 Probabilité

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

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

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

8.3.5.5 Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet Extension Sud Marne, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 56 : Projection de glace – niveau de risque

Eolienne	Probabilité	Gravité	Niveau de risque
EF1	B	Modérée	Très faible
EF2		Modérée	Très faible
EF3		Modérée	Très faible
EF4		Modérée	Très faible
EG1		Modérée	Très faible
EG2		Modérée	Très faible
EG3		Modérée	Très faible
EH1		Modérée	Très faible
EC9		Modérée	Très faible
ED8		Modérée	Très faible
EI1		Modérée	Très faible
EI2		Modérée	Très faible
EJ1		Modérée	Très faible
EJ2		Modérée	Très faible
EJ3		Modérée	Très faible

Ainsi, pour le projet Extension Sud Marne, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.1 Synthèse de l'étude détaillée des risques

8.1.1 Tableaux de synthèse des scénarii étudiés

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Ces paramètres correspondent aux résultats les plus impactant obtenus :

Tableau 57 : Résultat de l'étude détaillée des risques

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	200 mètres maximum autour de chaque machine	Rapide	Exposition forte	D	Sérieux
Chute d'éléments de l'éolienne	75 mètres autour de chaque éolienne (zone de survol)	Rapide	Exposition modérée	C	Modéré
Chute de glace	75 mètres autour de chaque éolienne (zone de survol)	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré
Projection de pale	500 mètres autour de chaque éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieux pour EF1, EF3, EF4, EG1, EG2, EG3, EC9, EJ1 et EJ2 Modéré pour EF2, EH1, ED8, EI1, EI2 et EJ3
Projection de glace	412,5 mètres maximum autour de chaque machine	Rapide	Exposition modérée	B	Modéré

8.1.2 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 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010, reprend la gravité et la probabilité de chaque scénario en prenant en compte les résultats les plus impactants obtenus :

Tableau 58 : Matrice d'acceptabilité des risques

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Effondrement de l'éolienne Projection de pale pour EF1, EF3, EF4, EG1, EG2, EG3, EC9, EJ1 et EJ2			
Modéré		Projection de pale pour EF2, EH1, ED8, EI1, EI2 et EJ3	Chute d'éléments de l'éolienne	Projection de glace	Chute de glace

Avec :

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée qu'aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice. L'ensemble des risques sont faibles ou très faibles et donc acceptables.

8.1.3 Cartographie des risques

Les cartes suivantes reprennent pour chaque scénario et dans le cas le plus contraignant la synthèse de l'intensité et de la gravité calculées dans cette étude de dangers.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

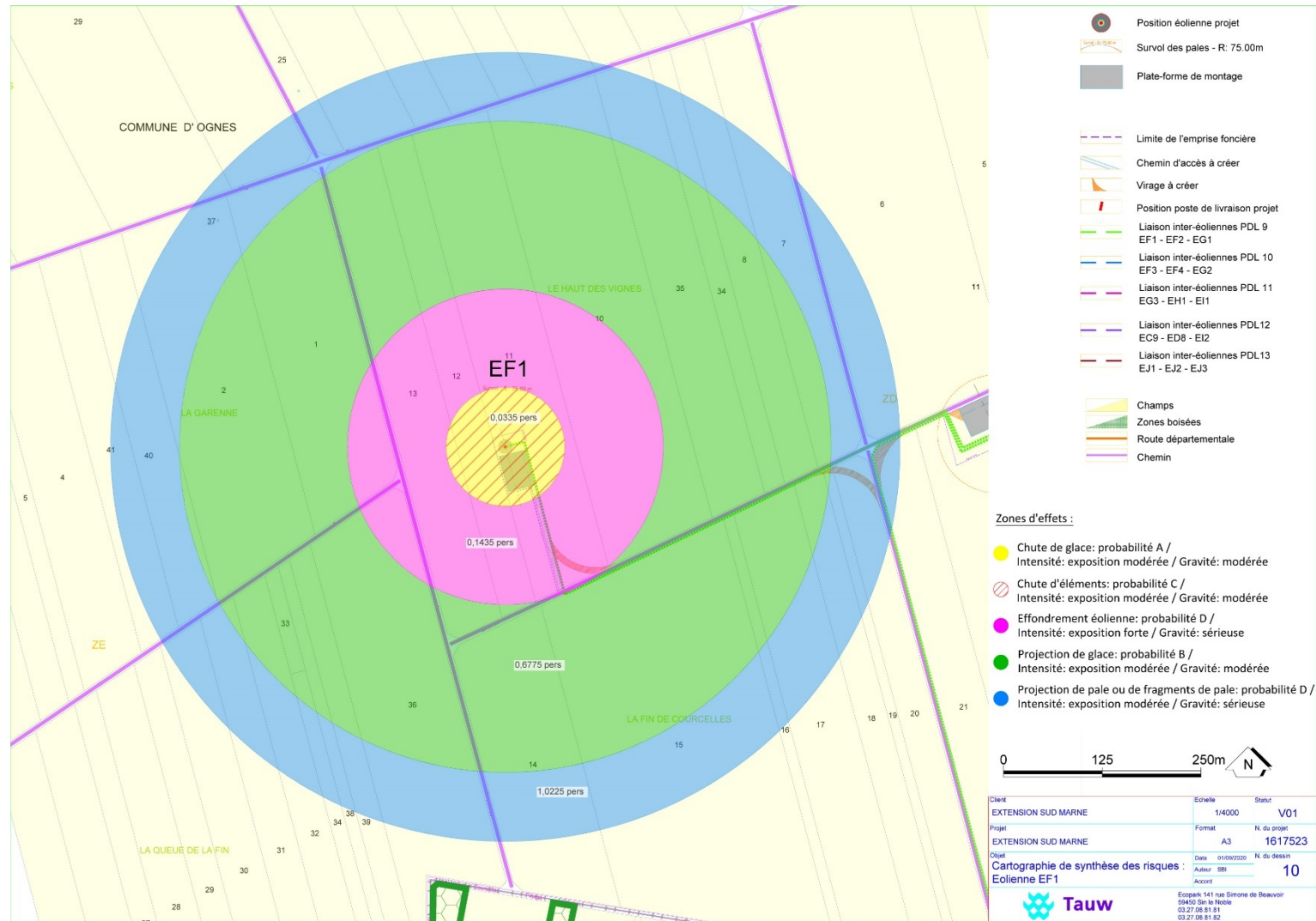


Figure 8.14 : Cartographie de synthèse des risques – EF1

Pièce 5.1 : Etude de dangers

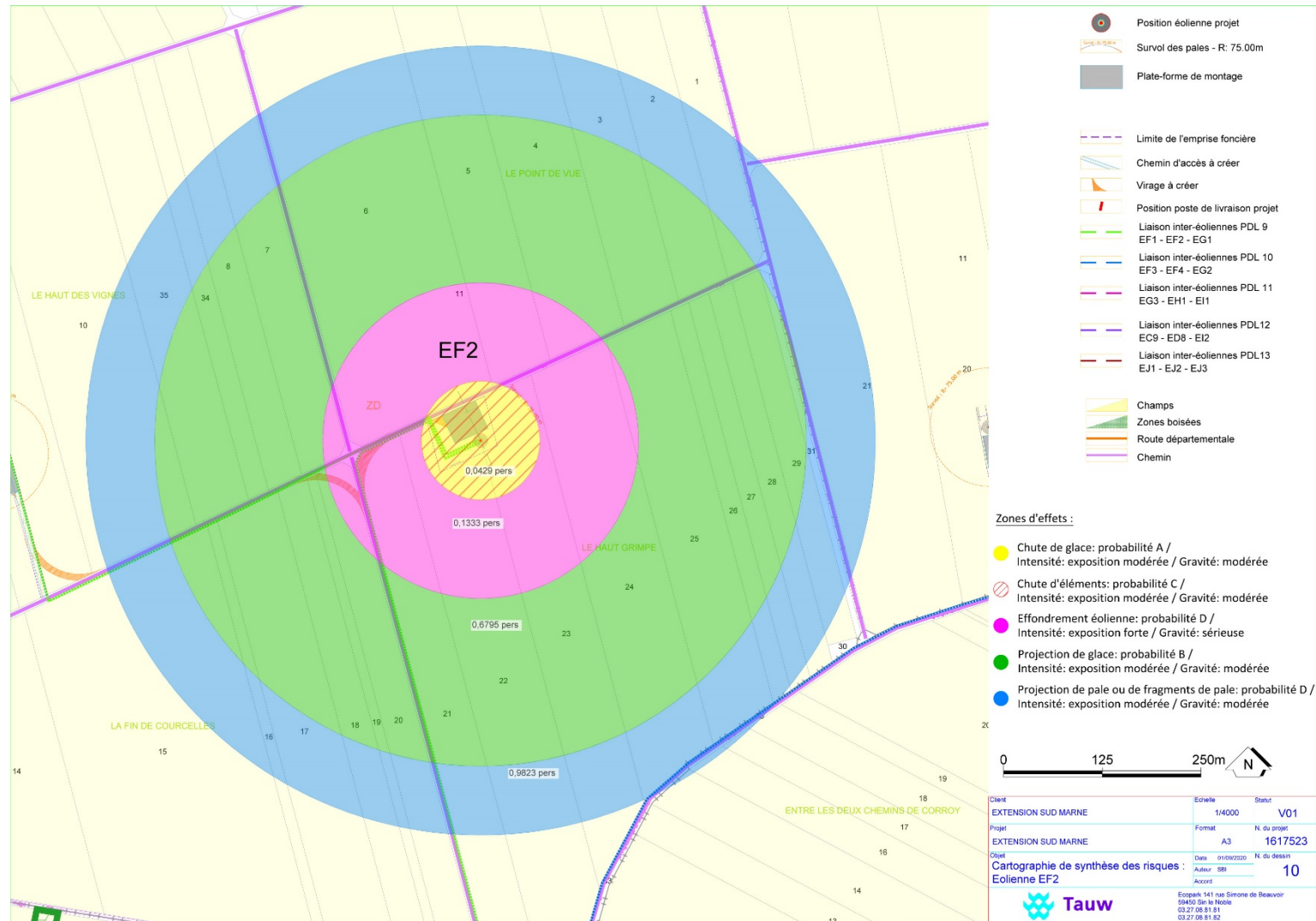


Figure 8.15 : Cartographie de synthèse des risques – EF2

Pièce 5.1 : Etude de dangers

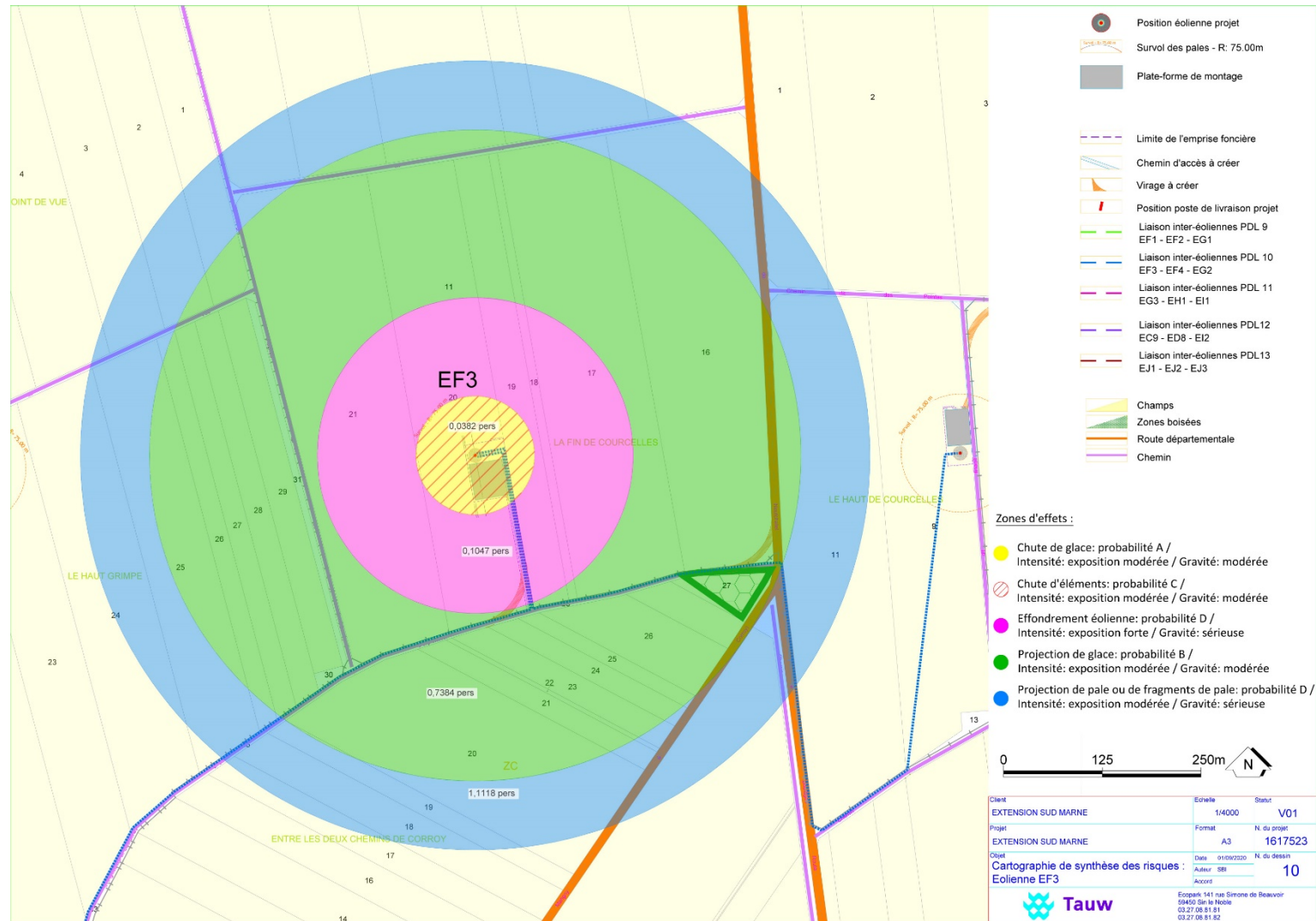


Figure 8.16 : Cartographie de synthèse des risques – EF3

Pièce 5.1 : Etude de dangers

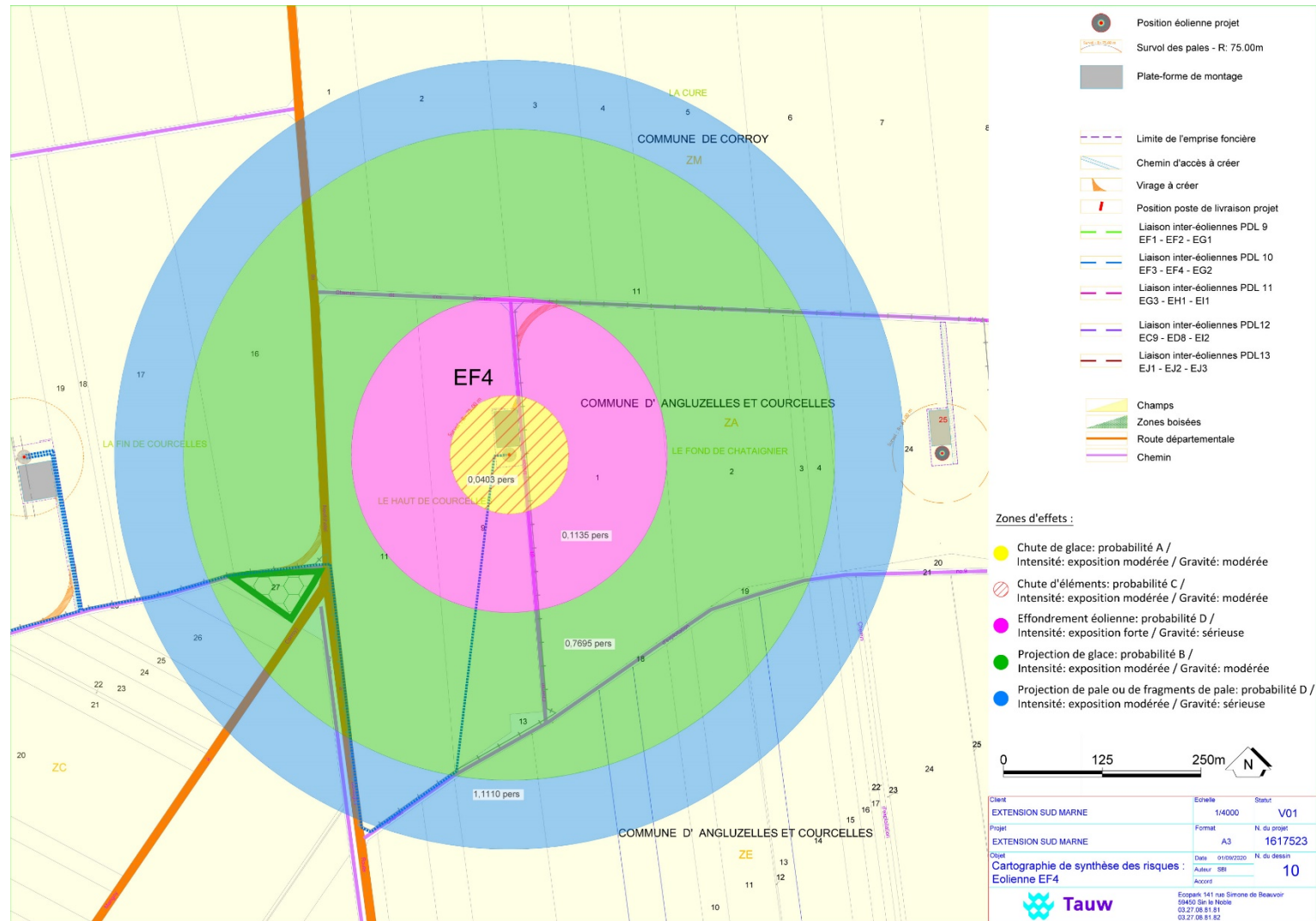


Figure 8.17 : Cartographie de synthèse des risques – EF4

Pièce 5.1 : Etude de dangers

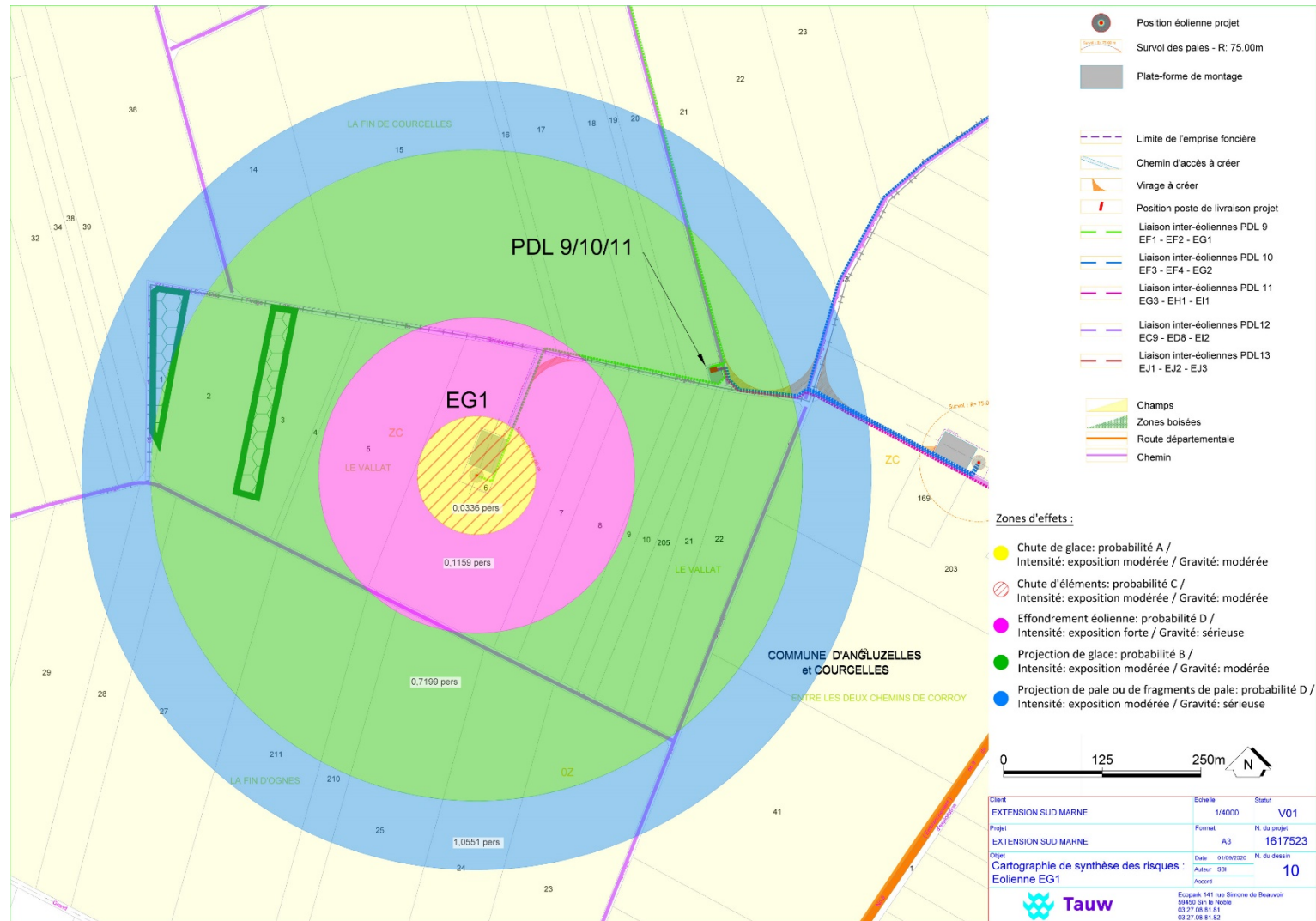


Figure 8.18 : Cartographie de synthèse des risques – EG1

Pièce 5.1 : Etude de dangers

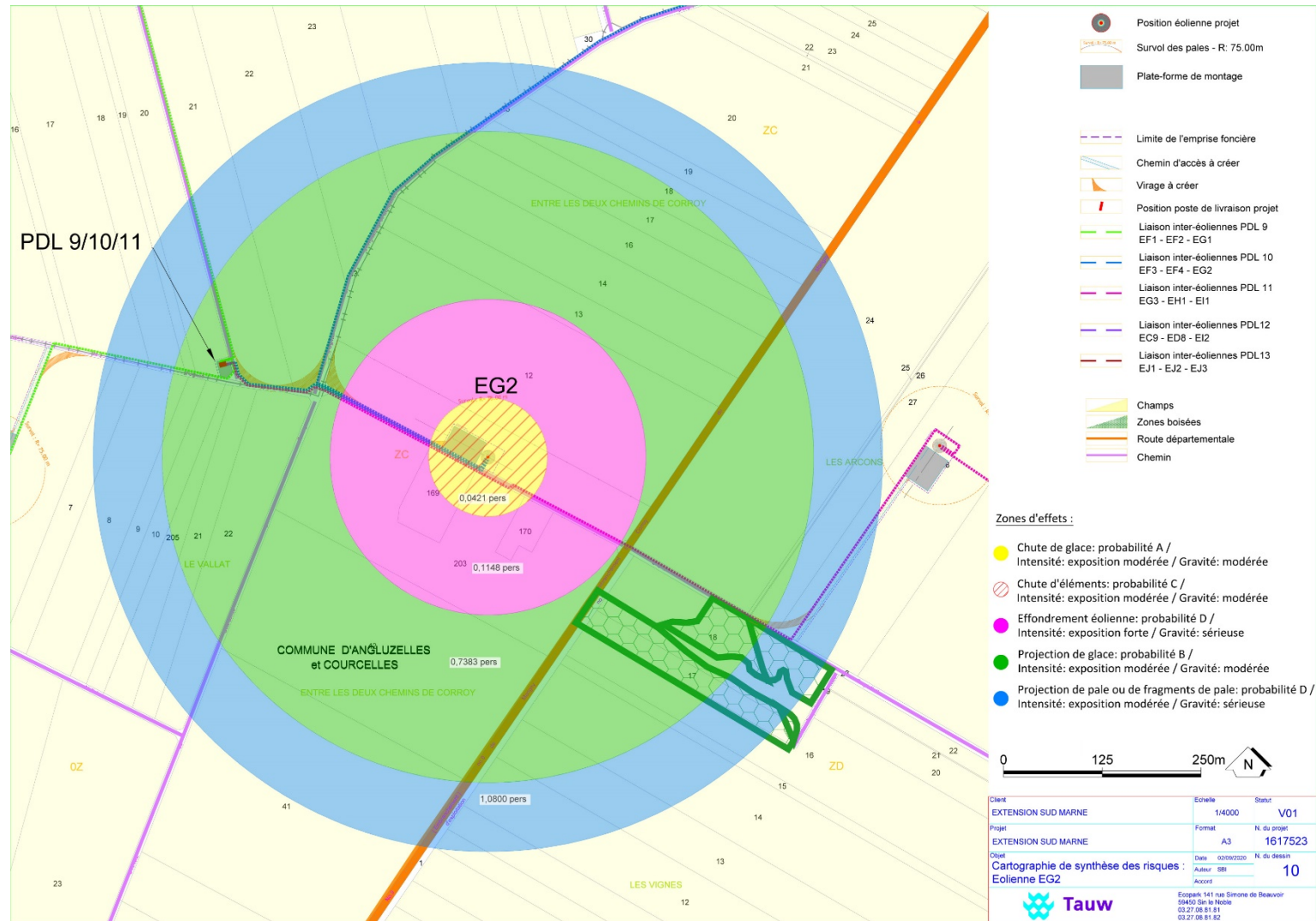


Figure 8.19 : Cartographie de synthèse des risques – EG2

Pièce 5.1 : Etude de dangers



Figure 8.20 : Cartographie de synthèse des risques – EG3

Pièce 5.1 : Etude de dangers

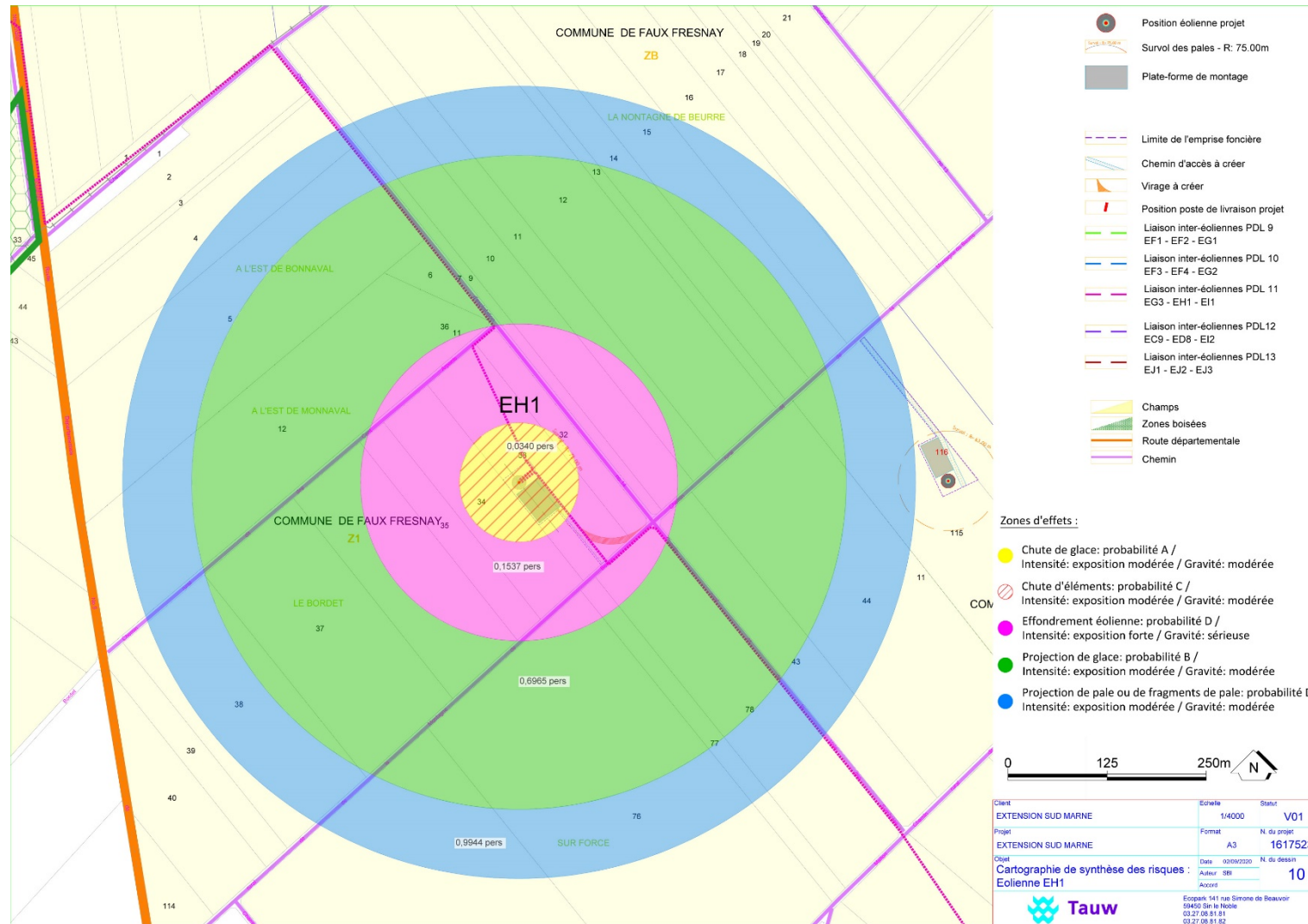


Figure 8.21 : Cartographie de synthèse des risques – EH1

Pièce 5.1 : Etude de dangers

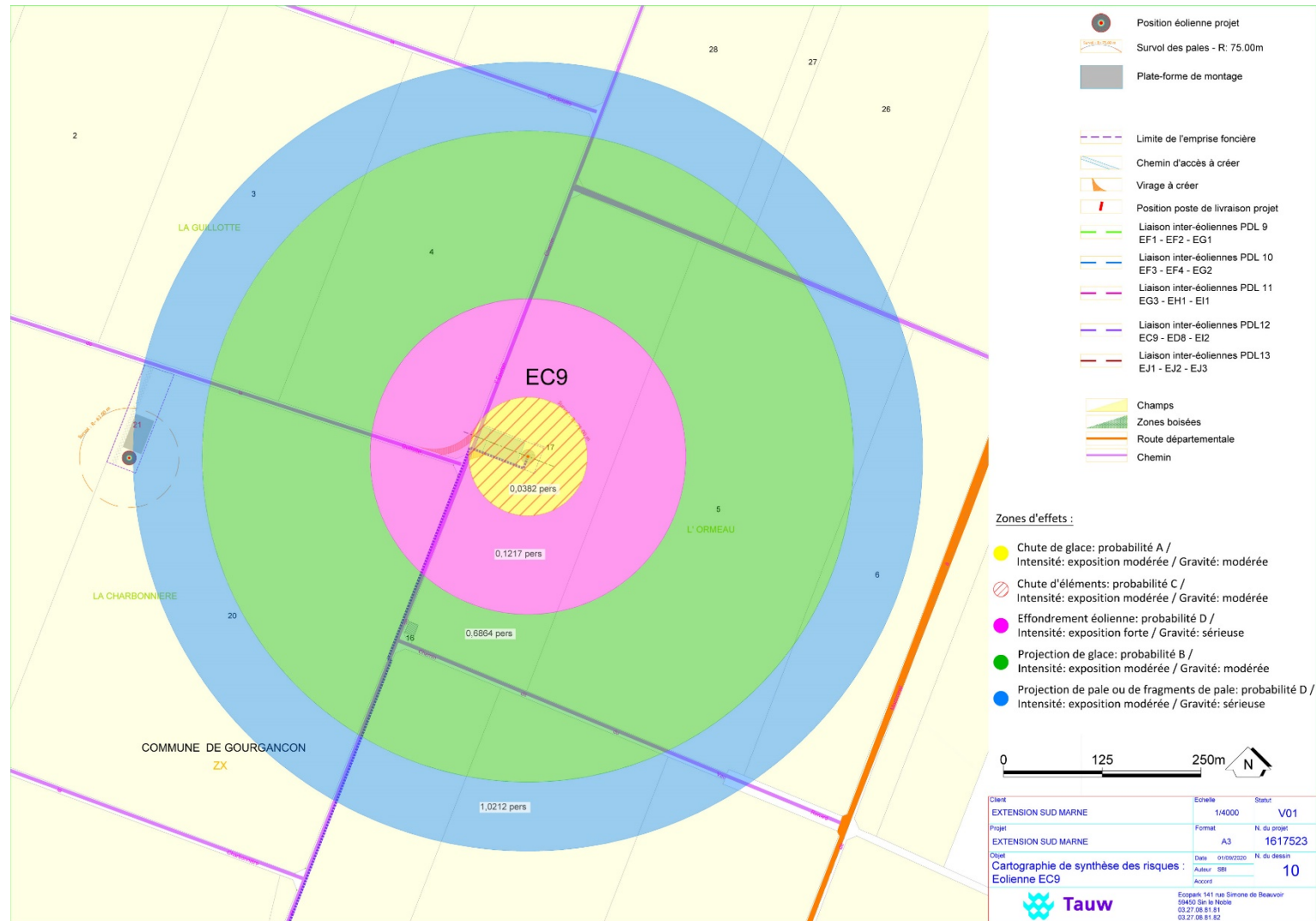


Figure 8.22 : Cartographie de synthèse des risques – EC9

Pièce 5.1 : Etude de dangers

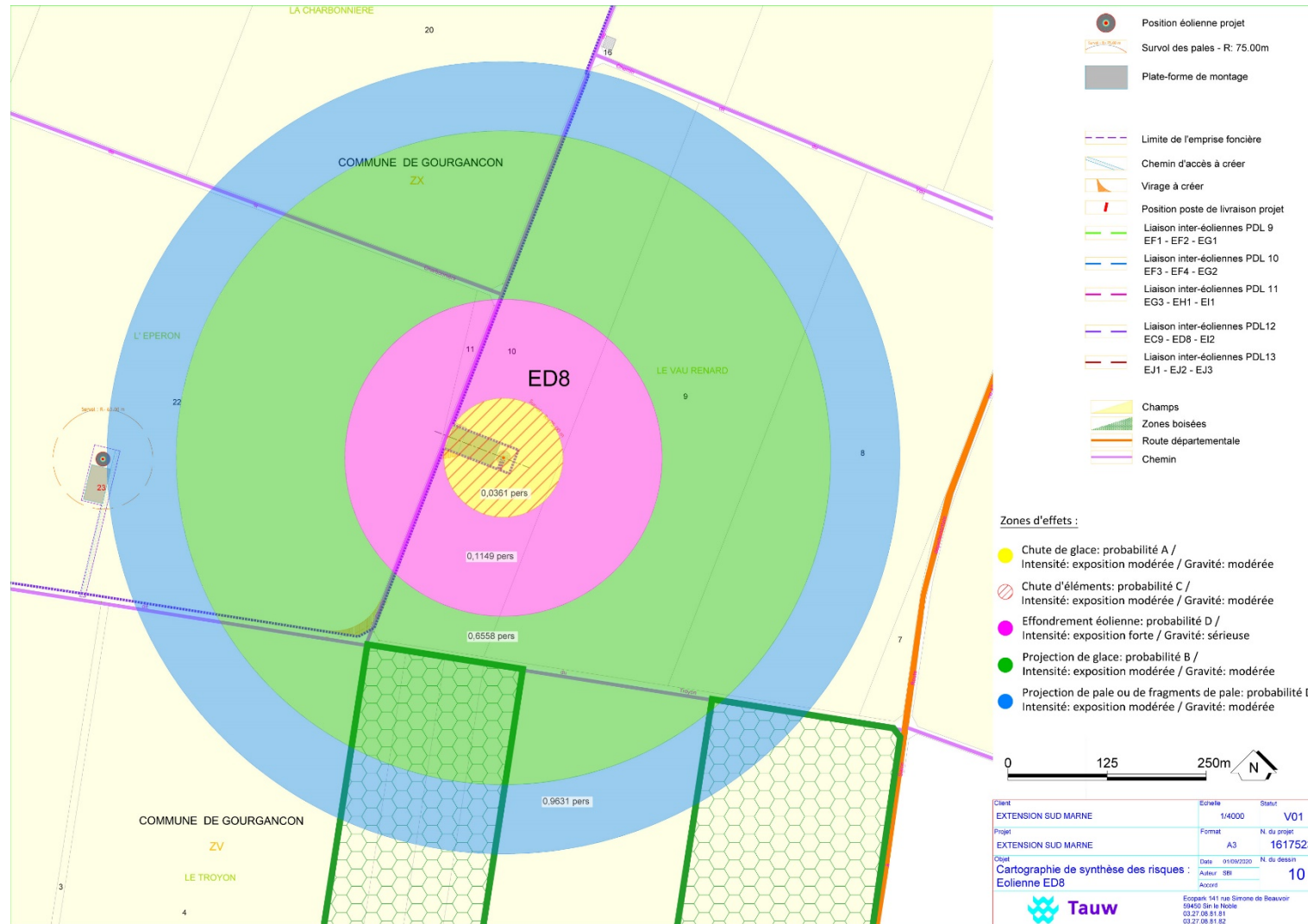


Figure 8.23 : Cartographie de synthèse des risques – ED8

Pièce 5.1 : Etude de dangers

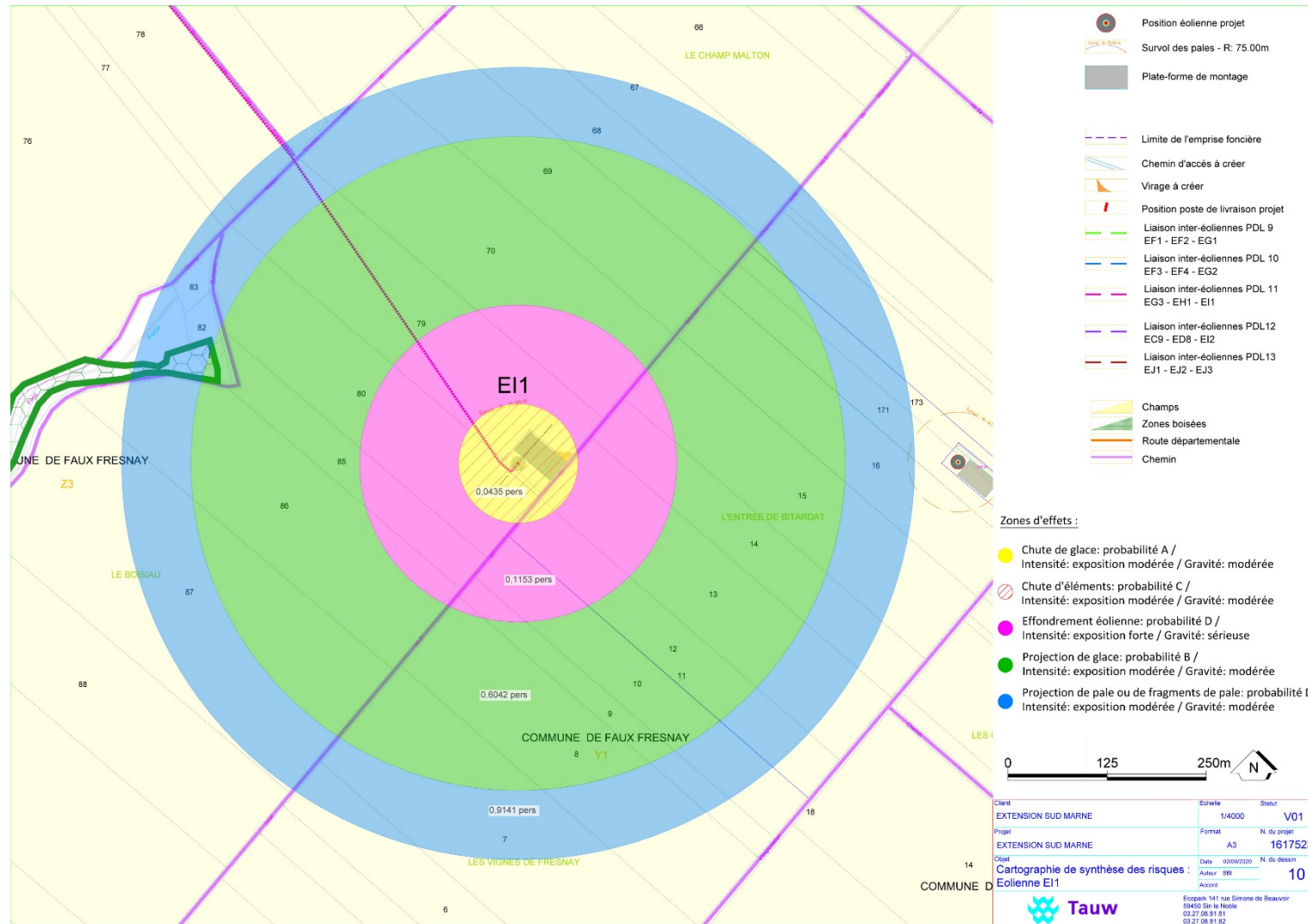


Figure 8.24 : Cartographie de synthèse des risques – E11

Pièce 5.1 : Etude de dangers

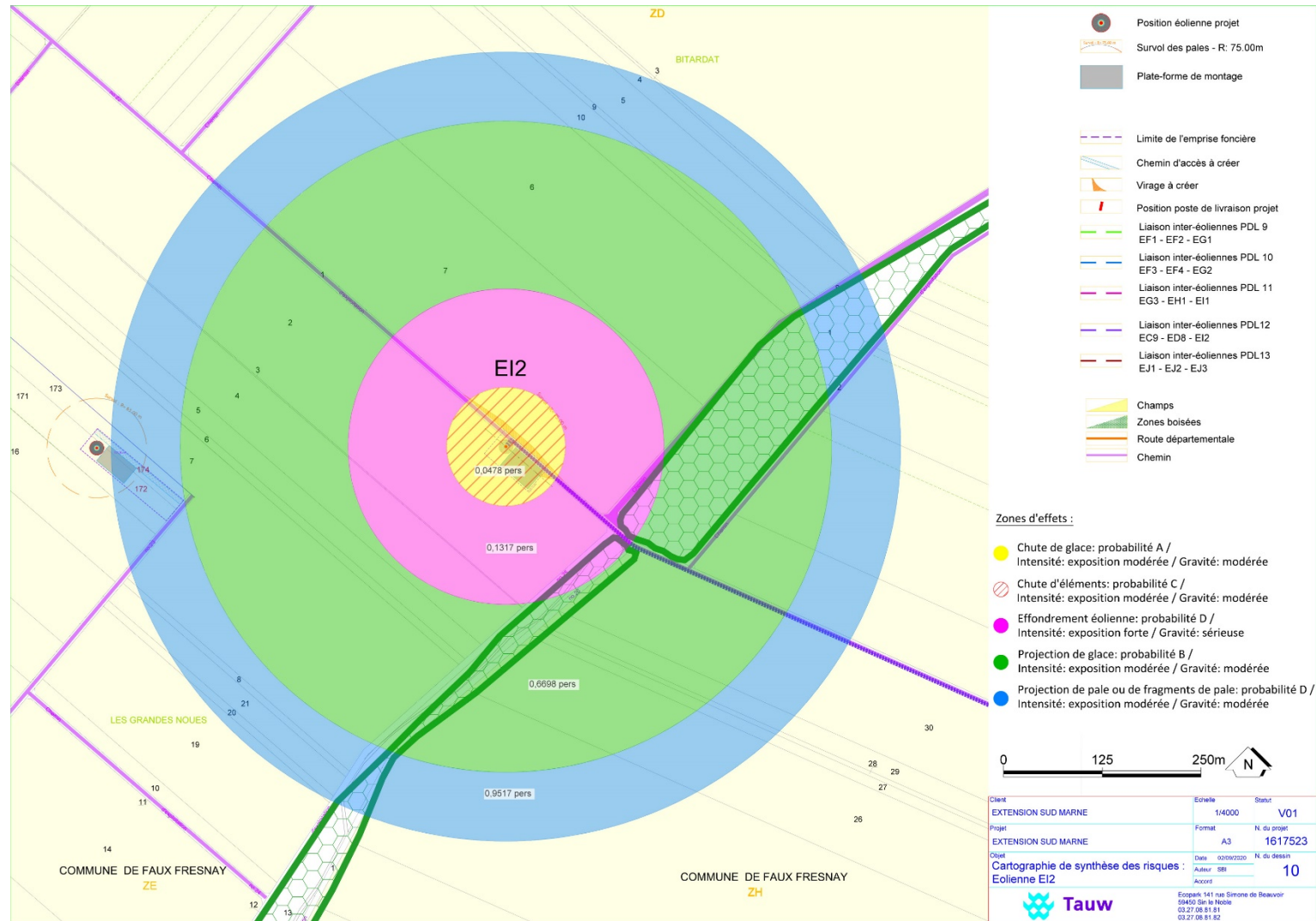


Figure 8.25 : Cartographie de synthèse des risques – E12

Pièce 5.1 : Etude de dangers

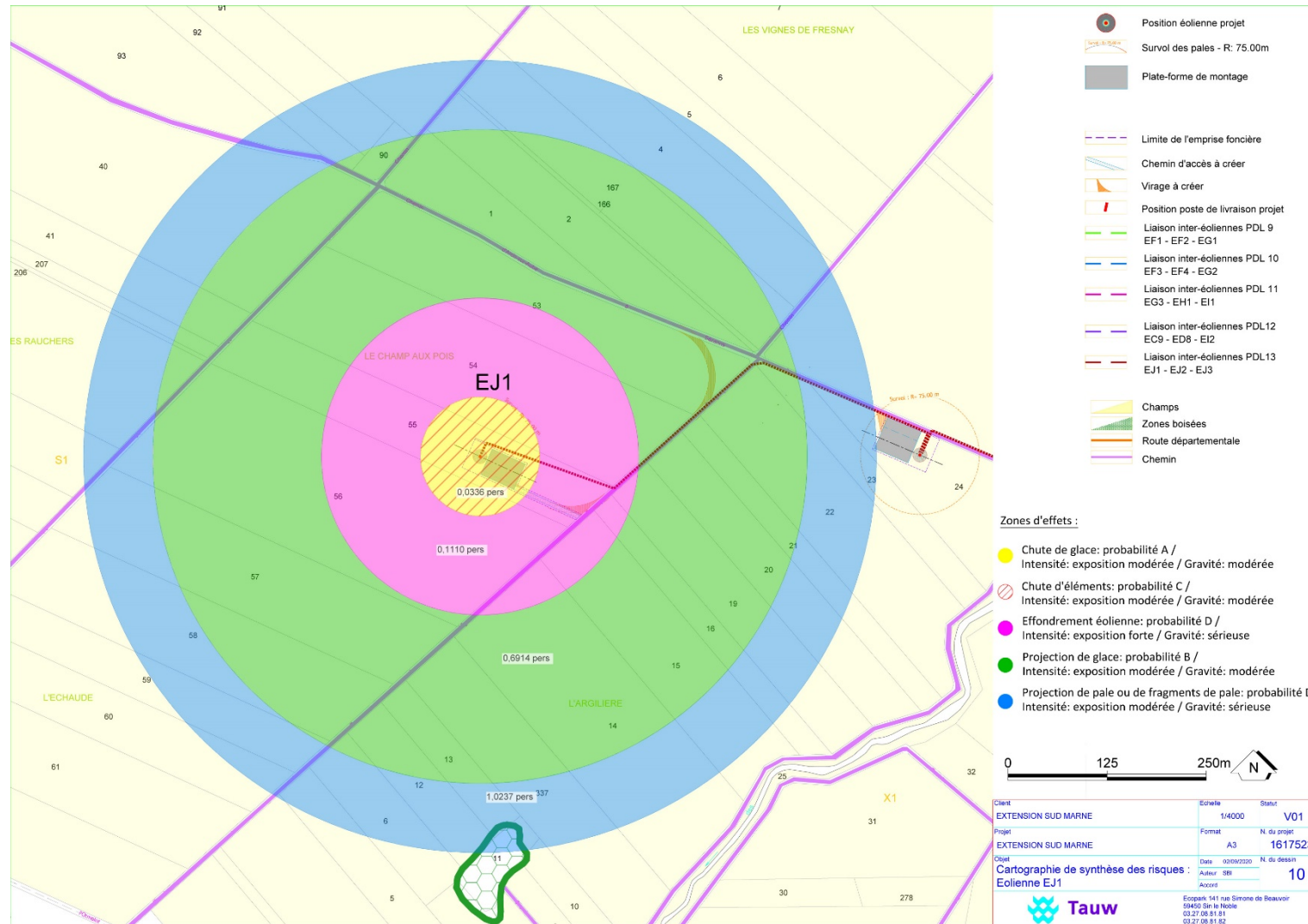


Figure 8.26 : Cartographie de synthèse des risques – EJ1

Pièce 5.1 : Etude de dangers

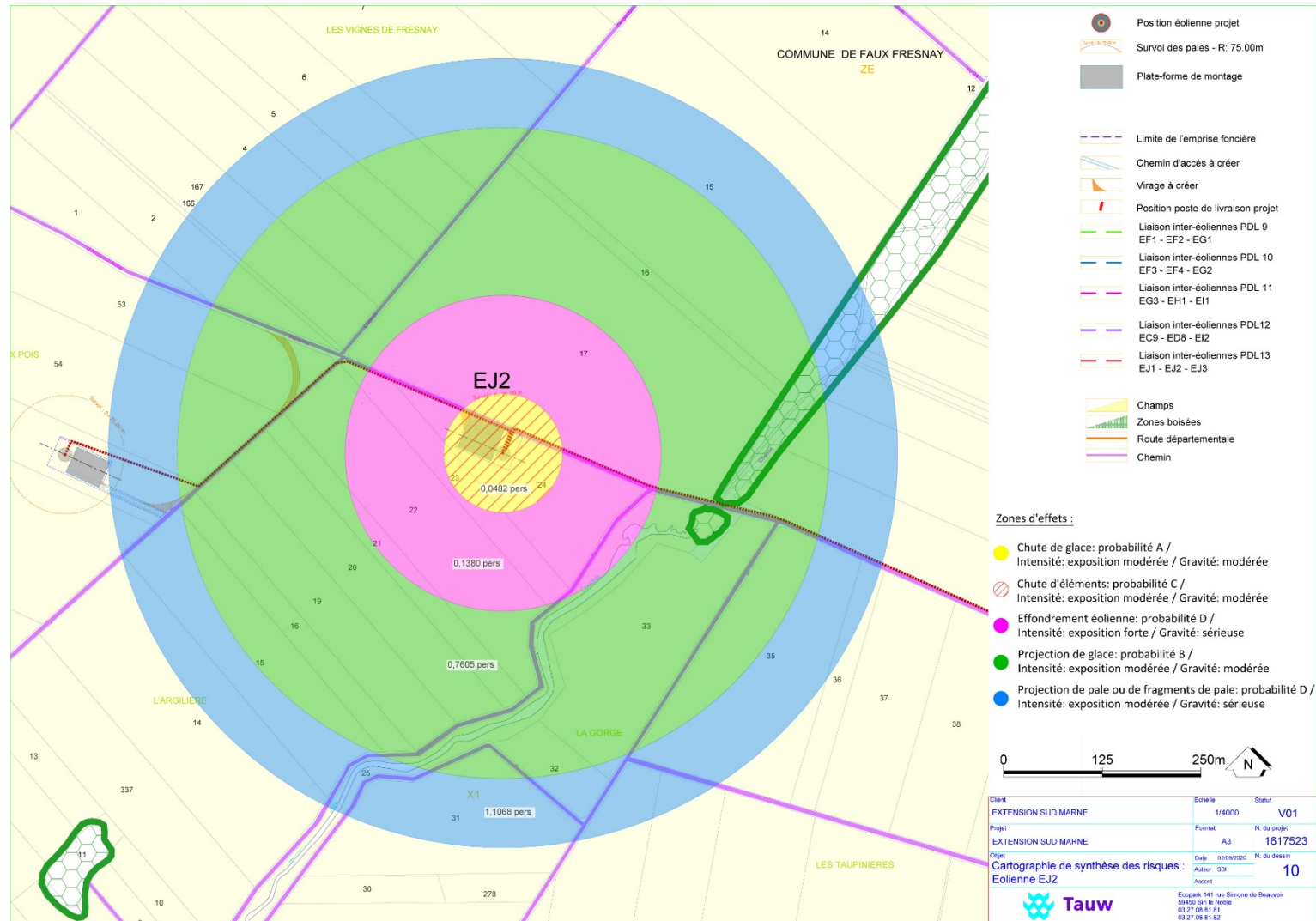


Figure 8.27 : Cartographie de synthèse des risques – EJ2

Pièce 5.1 : Etude de dangers

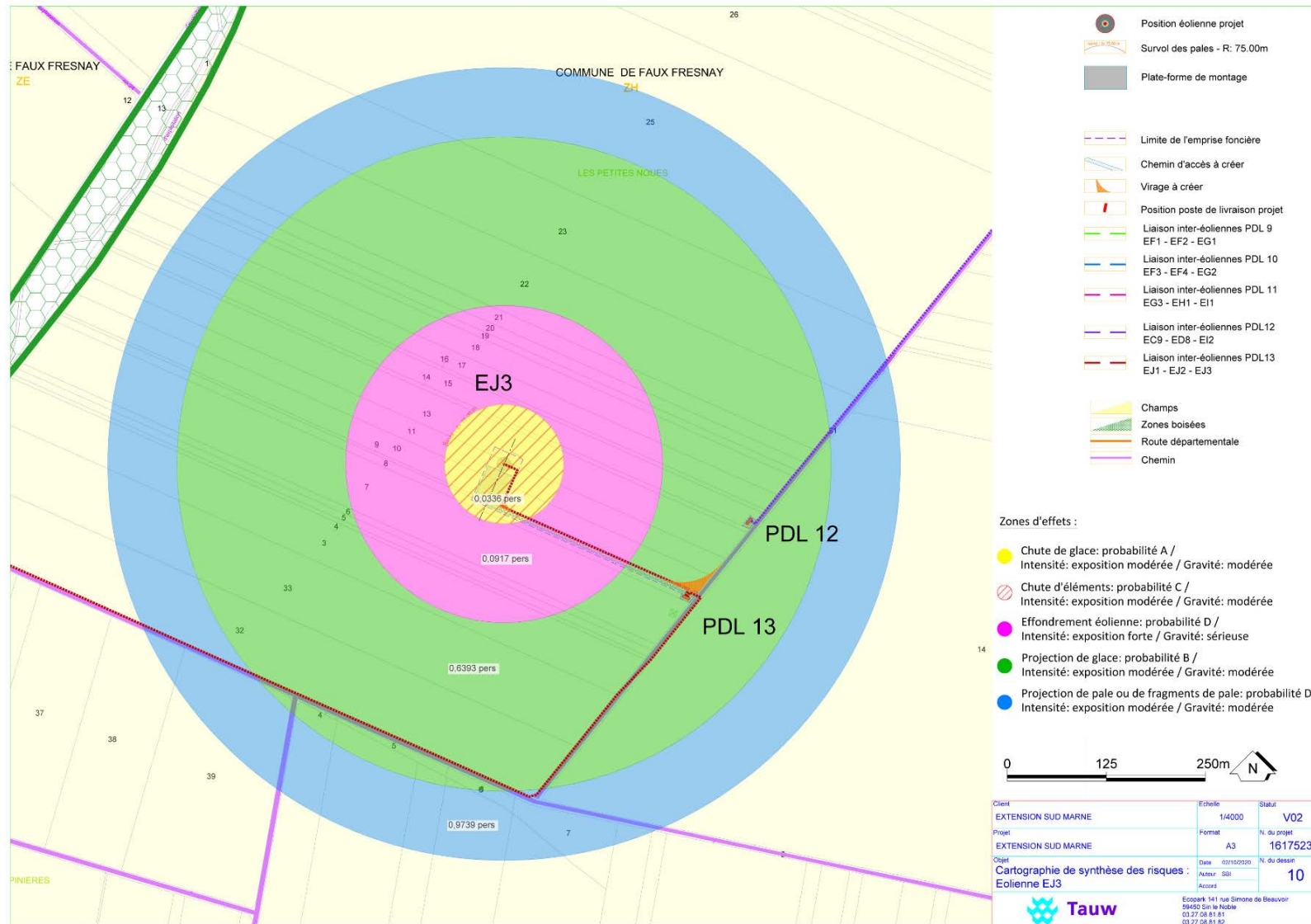


Figure 8.28 : Cartographie de synthèse des risques – EJ3

9 Conclusion

L'étude de dangers, conduite conformément aux prescriptions ministérielles, met en évidence les éléments suivants :

- Le risque majeur sur le site est lié à la chute ou à la projection d'éléments de l'éolienne, de l'éolienne entière et de glace s'accumulant sur les pales des éoliennes en cas de très faible température,
- Les scénarii potentiels ayant fait l'objet d'une étude détaillée des risques sont les suivants :
 - Effondrement de l'éolienne,
 - Chute d'éléments de l'éolienne,
 - Chute de glace,
 - Projection de pale ou de fragments de pale,
 - Projection de glace.
- Les risques potentiels générés par l'installation sont acceptables conformément à la matrice d'acceptabilité obtenue.

Les mesures de sécurité adoptées par l'exploitant s'avèrent pertinentes. Elles permettent de :

- Réduire la probabilité de survenue d'un accident majeur (modèle d'éolienne pourvu de dispositifs de sécurité, conforme aux normes en vigueur, maintenance régulière, contrôle des paramètres de fonctionnement du parc éolien),
- Réduire l'étendue et, par voie de conséquence, la gravité des zones d'effets (éloignement des éoliennes par rapport aux premières habitations, aux routes, etc.).

Les risques associés aux équipements mis en œuvre et aux activités déployées sont acceptables : risques résiduels et maîtrisés.

L'adoption par l'exploitant de mesures compensatoires complémentaires ne s'avère pas nécessaire.



10 Limites de validité de l'étude

Tauw France a établi ce rapport au vu des informations fournies par le client/maître d'ouvrage et au vu des connaissances techniques acquises au jour de l'établissement du rapport. Les investigations sont réalisées de façon ponctuelle et ne sont qu'une représentation partielle des milieux investigués.

De plus, Tauw France ne saurait être tenu responsable des mauvaises interprétations de son rapport et/ou du non-respect des préconisations qui auraient pu être rédigées.

Annexe 1 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 exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;
2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

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

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

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

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

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

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

Annexe 2 Bibliographie et références utilisées

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- [2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
- [3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
- [4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
- [5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005
- [6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006
- [8] Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- [9] Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- [10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- [13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [14] Alpine test site Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteutrois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003

[18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005

Annexe 3

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

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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 4

Accidentologie française – filière éolienne

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du Guide INERIS/ SER/FEE (version finale de mai 2012). Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et 2018. Il a été complété à partir de la base de données ARIA (<http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/rechercher-un-accident/>) jusqu'aux événements recensés en date du 1^{ER} janvier 2018.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Dpt	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	-
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 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bombonne 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 retirofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 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	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Dpt	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	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-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	-
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Pas-de-Calais	-	-	-	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (arc électrique)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Chute d'élément	11/04/2012	Sigean	Aude	-	-	-	Impact sur le mât et la projection à 20 mètres d'un débris de pale long de 15 mètres	Foudre	Base de données ARIA	Projection à faible distance de l'éolienne
Chute d'une pale	18/05/2012	Fresnay l'Eveque	Eure et Loir	52	2008	-	Chute d'une pale au pied d'une éolienne	Corrosion	Base de données ARIA	Chute au pied de l'éolienne
Chute d'une éolienne	30/05/2012	Port-la-Nouvelle	11	-	1991	non	Un promeneur signale la chute d'une éolienne. Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut.	Pas de précision (absence de système de sécurité ?)	Base de données ARIA	L'une des premières installations en France. La technologie a nettement évoluée pour éviter ce risque
Chute d'élément	01/12/2012	Vieillespesse	15	10	2011	-	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât	Pas de précision	Base de données ARIA	Projection à faible distance de l'éolienne
Incendie	05/11/2012	Sigean	11	-	-	Très certainement que non	Un feu se déclare sur une éolienne de 660 kW au Des projections incandescentes enflamment 80 m ² de garrigue environnante et une pale chute Le feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne.	Un dysfonctionnement de disjoncteur a entraîné la propagation de courants de court-circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle	Base de données ARIA	Faible propagation de l'incendie dans le milieu naturel (garrigue) Fiabilité des dispositifs de protection électrique qui ont évolués sur les installations actuelles
Chute de pale	06/03/2013	Conilhac de la Montagne	11	-	-	-	Chute d'une pale qui s'est décrochée avant de percuter le mât	Problème de maintenance	Base de données ARIA	Projection à faible distance de l'éolienne

Type d'accident	Date	Nom du parc	Dpt	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale suite à un incendie	17/03/2013	Euvy	51	-	2011	-	Une nacelle d'une éolienne prend feu. Des pompiers éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols.	La gendarmerie évoque une défaillance électrique après avoir écarté la malveillance	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Pale endommagée	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	07	-	-	-	Un impact de foudre endommage vers une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées.	Impact de foudre	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (absence de chute d'élément)
Maintenance	03/08/2013	Moreac	56	-	-	-	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m². 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.	Fuite de la nacelle élévatrice	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (incident pendant la phase chantier)
Incendie	09/01/2014	Antheyy	08	-	-	-	Un feu se déclare au niveau de la partie moteur d'une éolienne de 2,5 MW. Le feu s'éteint de lui-même. La nacelle est détruite, le rotor est intact.	Incident électrique	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)-
Chute d'une pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	07	-	-	-	La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne. Certains débris sont projetés à 150 m.	Orage	Base de données ARIA	Projection à faible distance de l'éolienne
Chute d'une pale	05/12/2014	Fitou	11	-	-	-	Les techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât.	En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollement sur les plaques en fibre de verre.	Base de données ARIA	Projection à faible distance de l'éolienne -
Incendie	29/01/2015	REMIGNY	02	-	-	-	A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Ils alertent les pompiers. A cause des fumées, ces derniers ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie. Ils doivent attendre leur dissipation. A 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent l'incendie.	Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre.	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Incendie	06/02/2015	Lusseray	79	-	-	-	Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.	-	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure et Loir	-	-	-	Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur. La nacelle étant trop haute pour la grande échelle des pompiers, ces derniers décident de laisser brûler le foyer sous surveillance. Les chemins menant à l'éolienne sont interdits à la circulation	-	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Chute rotor et trois pales	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	55	-	-	-	Le rotor et les trois pales de l'éolienne chutent	-	DREAL Grand-Est	Chute au pied de l'éolienne
Arrachage d'une pale	18/01/2017	Parc éolien de Nurlu	Somme	-	-	-	Une pale s'est arrachée du rotor et elle a terminé déchiquetée et en plusieurs morceaux au sol	-	Courrier Picard	Chute au pied de l'éolienne
Rupture d'une pale	27/02/2017	Lavallée	55	-	-	-	Rupture d'une pale de l'éolienne	-	DREAL Grand-Est	Chute au pied de l'éolienne
Incendie	06/06/2017	-	Eure et Loir	-	-	-	Un moteur d'éolienne a pris feu ce mardi 6 juin 2017, à Beauvilliers. Elle a été totalement détruite par l'incendie	Inconnu	Echo républicain	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Chute d'une pale d'éolienne	29/06/2017	-	Pas-de-Calais	-	2013	-	Chute d'une pale	Inconnu	-	Chute au pied de l'éolienne
Rupture d'une pale en fonctionnement	03/08/2017	Parc éolien de l'Osière	Aisne	-	-	-	Une pale d'éolienne s'est cassée en plein vol	Inconnu	L'Ardennais	Projection à faible distance de l'éolienne
Chute d'une éolienne	01/01/2018	-	Vendée	-	-	-	Chute d'une éolienne lors du passage de la tempête Carmen	Suspicion d'une mini tornade	Ouest France	-

Annexe 5 Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques (APR)

Cette partie apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarii 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 l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarii 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 scénarii ci-dessous reprend celle utilisée dans le tableau de l'analyse préliminaire des risques, avec un regroupement des scénarii 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 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).

Scénarii 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.

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.

Scénarii relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)

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



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

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples vous sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des scénarii 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.

Scénarii 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.



Scénarii 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.

Scénarii 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 (scénarii 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

Scénarii 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.

Scénarii 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, ...