



Tauw



Projet éolien des Mothées

Commune d'Omey (51)

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale – Pièce n°5-1 - « Etude de dangers »

Juillet 2020

Fiche contrôle Qualité

Intitulé de l'étude	Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale
Destinataire du document	ESCOFI
Site	Parc éolien des Mothées
Interlocuteur	Marguerite-Marie Beaucarnot
Adresse	19 rue de l'Epau 59230 Sars et Rosières
Email	mm.beaucarnot@escofi.fr
Téléphone/Mobile	07 87 79 75 39
Numéro de projet	1617742
Date	Juillet 2020
Superviseur	Maxime LARIVIERE
Responsable étude	Laura IZYDORCZYK
Rédacteur(s)	Alexandre QUENESSON

Coordonnées

Tauw France - Agence de Douai
Ecopark
141 rue de Simone de Beauvoir
59450 Sin Le Noble
Téléphone : 03 27 08 81 81
Fax : 03 27 08 81 82
Email : info@tauw.fr

Tauw France est membre de Tauw Group bv –
www.tauw.com

Siège social – Agence de Dijon
Parc tertiaire de Mirande
14 D Rue Pierre de Coubertin
21000 Dijon
Téléphone : 03 80 68 01 33
Fax : 03 80 68 01 44
Email : info@tauw.fr

Représentant légal : Mr. Eric MARTIN

Gestion des révisions

Version	Date	Statut	Pages	Annexes
V2	Juillet 2020	Création du document	134	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 (ERP).....	18
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	22
3.4	Environnement matériel	26
3.4.1	Voies de communication	26
3.4.2	Réseaux publics et privés	27
3.4.3	Autres ouvrages publics.....	27
3.4.4	Radars.....	27
3.5	Cartographies de synthèse	28
3.6	Identification des cibles	31
4	Description de l'installation	33
4.1	Introduction - caractéristiques de l'installation	33
4.1.1	Caractéristiques générales d'un parc éolien	33
4.1.2	Aérogénérateurs	34

Pièce 5.1 : Etude de dangers

4.1.3	Emprise au sol	35
4.1.4	Chemins d'accès.....	36
4.1.5	Raccordement électrique	37
4.2	Description du parc	39
4.2.1	Nature de l'activité.....	39
4.2.2	Composition du parc éolien.....	39
4.2.3	Description et caractéristique des aérogénérateurs retenus	39
4.2.4	Les voies d'accès.....	40
4.2.5	Le raccordement au réseau électrique.....	40
4.2.6	Autres installations.....	41
4.2.7	Sécurité de l'installation	41
4.2.8	Moyens de lutte contre les dangers	43
4.2.9	Opérations de maintenance de l'installation	43
4.2.10	Stockage et flux de produits dangereux.....	45
5	Raccordement au réseau électrique	46
5.1	Schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables (S3REnR)...	46
5.2	Poste de livraison.....	48
5.3	Réseau inter-éolien	48
5.4	Réseau électrique externe	49
5.5	Qualification du personnel.....	49
5.6	Respect des normes techniques.....	50
6	Identification des potentiels de dangers de l'installation.....	51
6.1	Potentiels de dangers liés aux produits	51
6.2	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation.....	51
6.3	Réduction des potentiels de dangers à la source	52
6.3.1	Principales actions préventives.....	52
6.3.2	Utilisation des meilleures techniques disponibles.....	53
7	Analyse des retours d'expérience	54
7.1	Introduction	54
7.2	Inventaire des accidents et incidents en France	54
7.3	Inventaire des accidents et incidents à l'international	56
7.4	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience.....	59

7.4.1	Analyse de l'évolution des accidents en France	59
7.4.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	59
7.5	Limites d'utilisation de l'accidentologie	60
8	Analyse préliminaire des risques	61
8.1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	61
8.2	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....	61
8.3	Recensement des agressions externes potentielles.....	62
8.3.1	Agressions externes liées aux activités humaines.....	62
8.3.2	Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	63
8.4	Scénarii étudiés dans l'analyse préliminaire des risques.....	63
8.5	Effets dominos	66
8.6	Mise en place des mesures de sécurité.....	67
8.7	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	72
9	Etude détaillée des risques	73
9.1	Objectif de l'analyse détaillée des risques	73
9.2	Rappel des définitions.....	73
9.2.1	Cinétique.....	73
9.2.2	Intensité.....	74
9.2.3	Gravité.....	75
9.2.4	Probabilité	75
9.2.5	Acceptabilité des risques	76
9.2.6	Caractéristiques retenues des éoliennes.....	77
9.3	Caractérisation des scénarii retenus.....	79
9.3.1	Effondrement de l'éolienne	79
9.3.2	Chute de glace.....	86
9.3.3	Chute d'éléments de l'éolienne.....	91
9.3.4	Projection de pales ou de fragments de pales.....	97
9.3.5	Projection de glace.....	102
9.4	Synthèse de l'étude détaillée des risques.....	108
9.4.1	Tableaux de synthèse des scénarii étudiés	108
9.4.2	Synthèse de l'acceptabilité des risques	108
9.4.3	Cartographie des risques.....	109

Pièce 5.1 : Etude de dangers

10	Conclusion.....	116
11	Limites de validité de l'étude	117

Pièce 5.1 : Etude de dangers
Pièces constitutives du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale

Pièces	Sous-partie	Descriptif du contenu
Pièce 1 : Lettre de la Demande	/	Lettre de la Demande
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.
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
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
Pièce 6 : Conformité d'urbanisme	/	Conformité du projet aux règlements d'urbanisme
Pièce 7 : Plans réglementaires et Documents techniques annexes	7-1 7-2 7-3 7-4 7-5	Plans réglementaires Expertise acoustique Expertises paysagères Expertise des milieux naturels (faune, flore) Etude de cheminement
Pièce 8 : Accords et avis consultatifs	8-1 8-2	Avis DGAC – Météo-France – Défense - etc. Avis des maires et des propriétaires
Pièce 9	/	Note de présentation non technique

1 Introduction

La présente étude a été réalisée dans le cadre du dépôt d'un dossier de demande d'autorisation environnementale pour l'exploitation d'un projet de parc éolien de 3 éoliennes d'une puissance unitaire comprise entre 3,6 et 4,2 MW (le modèle d'éolienne n'est pas encore définitif) et d'un poste de livraison électrique sur la commune d'Omey, dans le département de la Marne (51).

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 modifié par Décret n°2017-609 du 24 avril 2017 - art. 4, le projet de parc éolien des Mothées est tenu de réaliser un Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE) compte tenu de la hauteur des 3 machines (185,9 mètres maximum en bout de pale et puissance de 4,2 MW au maximum). 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 de parc éolien des Mothées 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 de parc éolien des Mothées, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

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

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

1.2 Contexte législatif et réglementaire

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.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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 de parc éolien des Mothées comprend 3 éoliennes. **Le modèle d'éolienne n'est pas encore arrêté. Deux scénarii sont cependant envisagés :**

- Scénario 1 : l'implantation de trois Nordex N131 d'une puissance unitaire de 3,9 MW pour les éoliennes E1 et E2, et d'une puissance unitaire de 3,6 MW pour l'éolienne E3.
- Scénario 2 : l'implantation de deux Vestas V136 d'une puissance unitaire de 4,2 MW pour les éoliennes E1 et E2, et d'une Vestas V126 d'une puissance unitaire de 3,6 MW pour l'éolienne E3.

Les deux scénarii ont été étudiés dans les calculs de dangers.

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	Parc éolien des Mothées
FORME JURIDIQUE	SAS
REPRESENTE PAR	Jean-Edouard DELABY - Président
CAPITAL SOCIAL	10 000 €
N° SIRET	844 713 833 RCS
CODE NAF	3511Z
SECTEUR D'ACTIVITE	Création et exploitation de parcs éoliens, 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	Parc éolien des Mothées 19 rue de l'Epau 59230 Sars et Rosières
COORDONNEES DU SITE	Omey (51)
DOSSIER SUIVI PAR	Marguerite-Marie BEAUCARNOT, chef de projets
TELEPHONE	07.87.79.75.39

Tableau 2 : Identité du demandeur – Source : Parc éolien des Mothées

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 de ses membres sont reprises dans le Tableau 3.

Entité	Représentant	Compétence/Responsabilité
Exploitant / Maître d'œuvre / Ingénierie technique	Parc éolien des Mothées Marguerite-Marie BEAUCARNOT	Chef de projet
Ingénierie Environnementale	Maxime LARIVIERE	Chef de projets
	Alexandre QUENNESON	Ingénieur

Tableau 3 : Composition du groupe de travail – Source : Tauw France

2.3 Localisation du site

Le projet d'implantation de 3 éoliennes s'inscrit sur la commune d'Omey, 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.

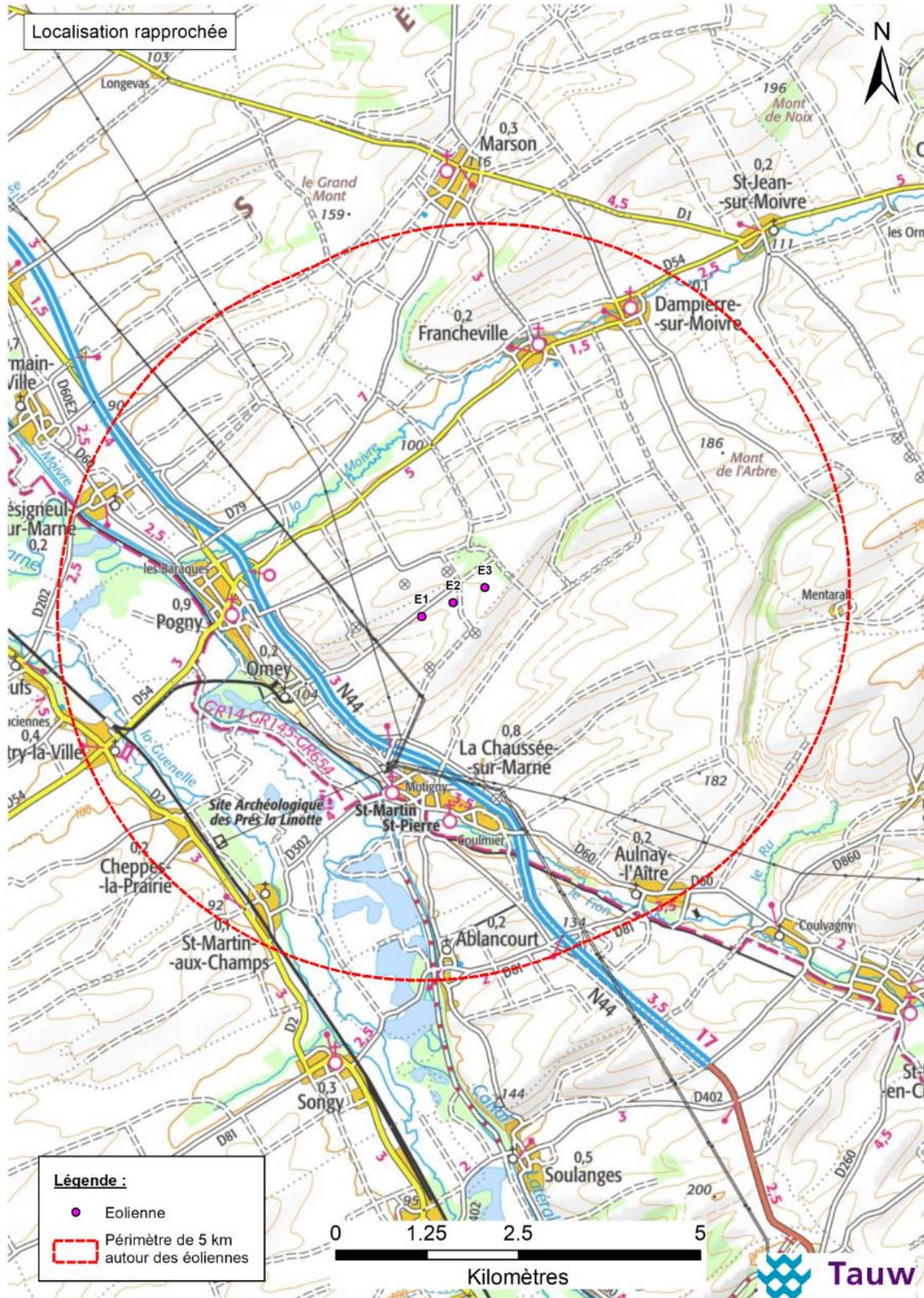
2.4 Définition de la zone sur laquelle porte l'étude de dangers

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 9.3.4 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 de parc éolien des Mothées, l'environnement sera étudié dans une aire d'étude globale reprenant les 5 aires d'études constituées autour de chaque éolienne.

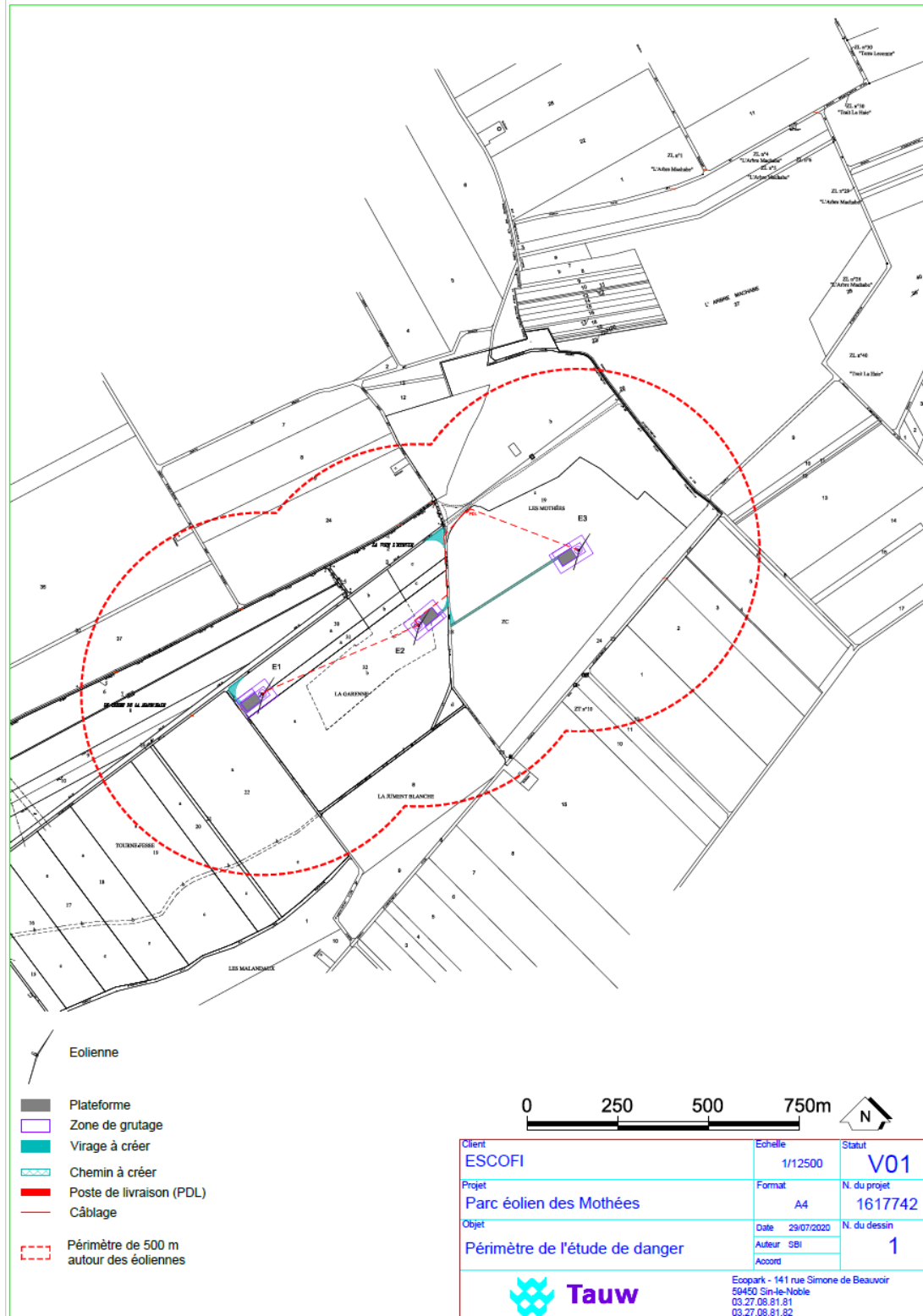
La zone d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison, qui sera néanmoins représentés sur les cartes. Les expertises réalisées dans le cadre de la rédaction du guide de l'étude de dangers, version de mai 2012, ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun 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 5 de l'étude d'impact.

3.2 Environnement humain

3.2.1 Zones urbanisées

Les éoliennes se situent dans un secteur agricole. Les habitations les plus proches sont sur les communes de Pogny et Omey.

Les habitations et les zones constructibles au sens des documents d'urbanismes les plus proches des éoliennes du projet sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Construction	Eolienne	Commune d'implantation de l'éolienne	Distance la plus faible entre l'éolienne et la construction la plus proche	Commune de la construction la plus proche
Bâtiment à caractère industriel, commercial ou agricole (hangar agricole)	E1	Pogny	1,1 km au nord-ouest de l'éolienne	Pogny
Cabanes de Ball Trap	E2	Omey	578 m au nord-est de l'éolienne	Omey
Cabanes de Ball Trap	E3	Omey	327 m au nord-ouest de l'éolienne	Omey

Tableau 4 : Distances entre les éoliennes et les premières zones construites et constructibles – Source : Tauw France

Les cabanes au sein de la carrière sont des cabanes de Ball Trap qui sont utilisées lors de sessions de jeu, se situe à 327 m de l'éolienne E3. Le parc éolien existant Quarnon se situe à 242 m de ces cabanes.

Ces cabanes ne sont pas considérées comme des habitations. Elles ne sont donc pas concernées par l'arrêté du 26 août qui prévoit un éloignement d'au moins 500 mètres entre les éoliennes et les habitations existantes ou futures les plus proches.

La commune d'Omey prévoit la mise en place prochainement d'un Plan Local d'Urbanisme. Le Projet d'Aménagement et de Développement Durables du futur PLU prévoit l'ouverture d'un nouveau secteur à l'urbanisation. L'éolienne la plus proche de ce secteur se trouve à 1,7 km, il s'agit de l'éolienne E1.

Le projet éolien est conforme à l'arrêté du 26 août 2011 et aux exigences du Schéma Régional Eolien de Champagne Ardenne de mai 2012 qui prévoient un éloignement d'au moins 500 m entre chaque éolienne et les habitations existantes ou futures les plus proches.



Carte 3 : Distance des éoliennes aux habitations et zones constructibles - Source : Parc éolien des Mothées

3.2.2 Etablissements recevant du public (ERP)

Hormis la mairie, la commune d'Omey ne recense pas d'établissement recevant du public.

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

24 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 est la SARL DU MONT FAVERGER. La distance la plus courte entre ce parc éolien et l'éolienne E2 du projet éolien des Mothées est de 438 m.

Le site SEVESO le plus proche est localisé à plus de 5 km du projet, sur la commune de Togny-aux-Bœufs, il s'agit de la société Française DONGES-METZ (SFDM) Parc C où des produits inflammables sont présents. Il s'agit d'un site SEVESO de seuil haut. Les principaux risques recensés sont les incendies et les explosions.

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 de l'**inventaire communal réalisé en 2015** par l'INSEE.

➤ Activités économiques

D'après l'inventaire communal de 2015, la commune d'Omey compte 7 entreprises :

Commune d'Omey		
	Nombre	%
Ensemble	7	100
Industrie	3	42,9
Construction	0	0
Commerce, transport, hébergement et restauration	2	28,6
Services aux entreprises	2	28,6
Services aux particuliers	0	0

Tableau 5 : Nombre d'établissements par secteur d'activité sur la commune d'Omey - Source : INSEE

Pièce 5.1 : Etude de dangers

 ➤ **Activité agricole**

L'activité agricole de la commune a été analysée à partir des recensements agricoles AGRESTE 1988, 2000 et 2010.

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.

	1988	2000	2010
Exploitations agricoles ayant leur siège dans la commune	3	2	2
Travail dans les exploitations agricoles en unité de travail annuel	2	4	1
Superficie agricole utilisée en hectare	174	214	213
Cheptel en unité de gros bétail, tous aliments	1	0	0
Orientation technico-économique de la commune	/	Céréales et oléoprotéagineux (COP)	Céréales et oléoprotéagineux (COP)
Superficie en terres labourables en hectare	174	s	s
Superficie en cultures permanentes en hectare	0	0	0
Superficie toujours en herbe en hectare	s	0	0

Tableau 6 : Recensement agricole de 1988, 2000 et 2010 pour la commune d'Omey - Source : AGRESTE

Le nombre d'exploitations agricoles a diminué entre 1988 et 2010.

L'orientation technico-économique est identique entre 2000 et 2010 à savoir des céréales et oléoprotéagineux (COP).

Aucune superficie en cultures permanentes n'est présente.

3.3 Environnement naturel

3.3.1 Contexte climatique

Les données climatiques recueillies proviennent de la **station météorologique de Reims-Courcy** située à 60 km environ au nord-ouest du site d'implantation des éoliennes.

➤ **Températures**

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

Mois	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc.
Température minimale moyenne (°C)	0,1	0,1	2,6	4,2	8,1	10,8	12,9	12,6	9,8	7,2	3,4	1,1
Température maximale moyenne (°C)	5,7	7,1	11,3	14,7	18,8	21,8	24,7	24,3	20,3	15,6	9,7	6,3

Tableau 7 : Les températures caractéristiques - Source : station de Reims-Courcy (1981 - 2010)

Les hivers et les étés sont doux. En effet, en hiver, les températures moyennes restent positives et la moyenne des températures minimales ne descend pas en dessous de 0. Les mois les plus froids sont janvier et février avec une température minimale moyenne de 0,1°C. En été, la température moyenne maximale est atteinte au mois de juillet avec 24,7°C

➤ **Régime pluviométrique**

Le tableau ci-après rassemble la hauteur de précipitations mensuelles de la station Reims-Courcy sur la période 1961-1990.

Mois	Janv	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc.
Précipitations (mm)	43,6	42,2	50,8	43,4	59,8	58,8	52,2	49,4	49,5	51,5	53,1	49,8

Tableau 8 : Hauteur des précipitations – Station Reims-Courcy (1961 – 1990) - Source : Météo France

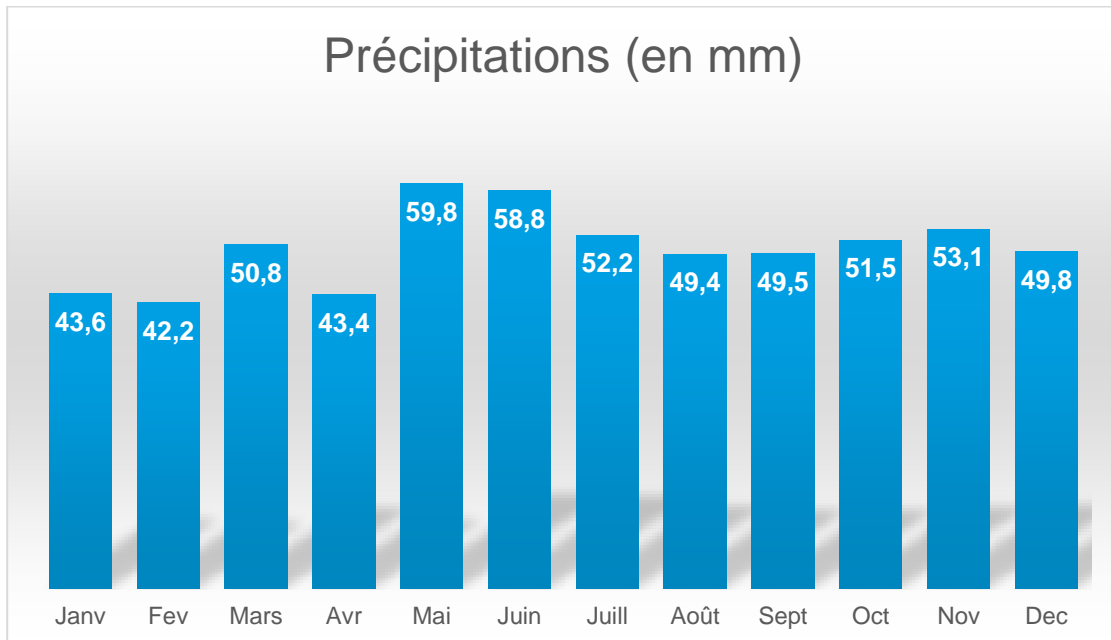
Pièce 5.1 : Etude de dangers


Figure 1 : Histogramme des précipitations – Station Reims-Courcy (1961 – 1990) - Source : Météo France

La hauteur totale des précipitations est de 604,1 mm par an, soit 50,3 mm par mois en moyenne. L'histogramme tracé (Figure 1), met en valeur une période sèche en janvier, février et avril avec en moyenne moins de 44 mm de précipitations par mois.

➤ **Vents**

Les vents dominants proviennent du secteur sud sur la commune de Reims.

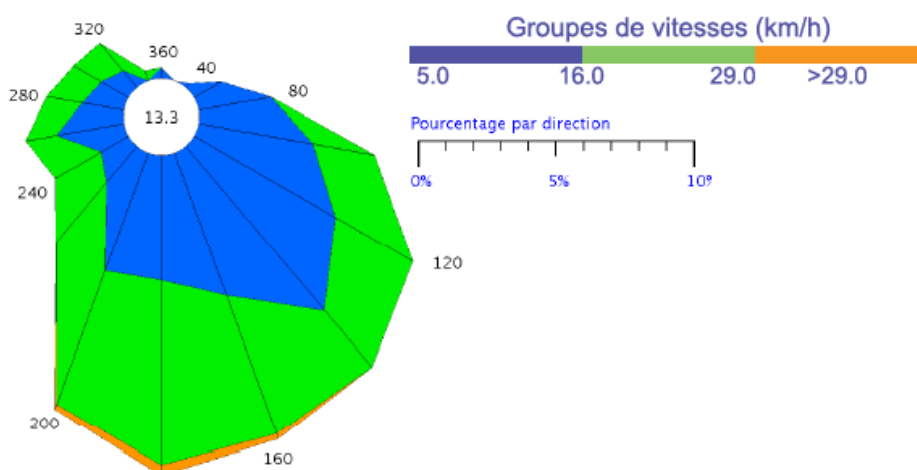
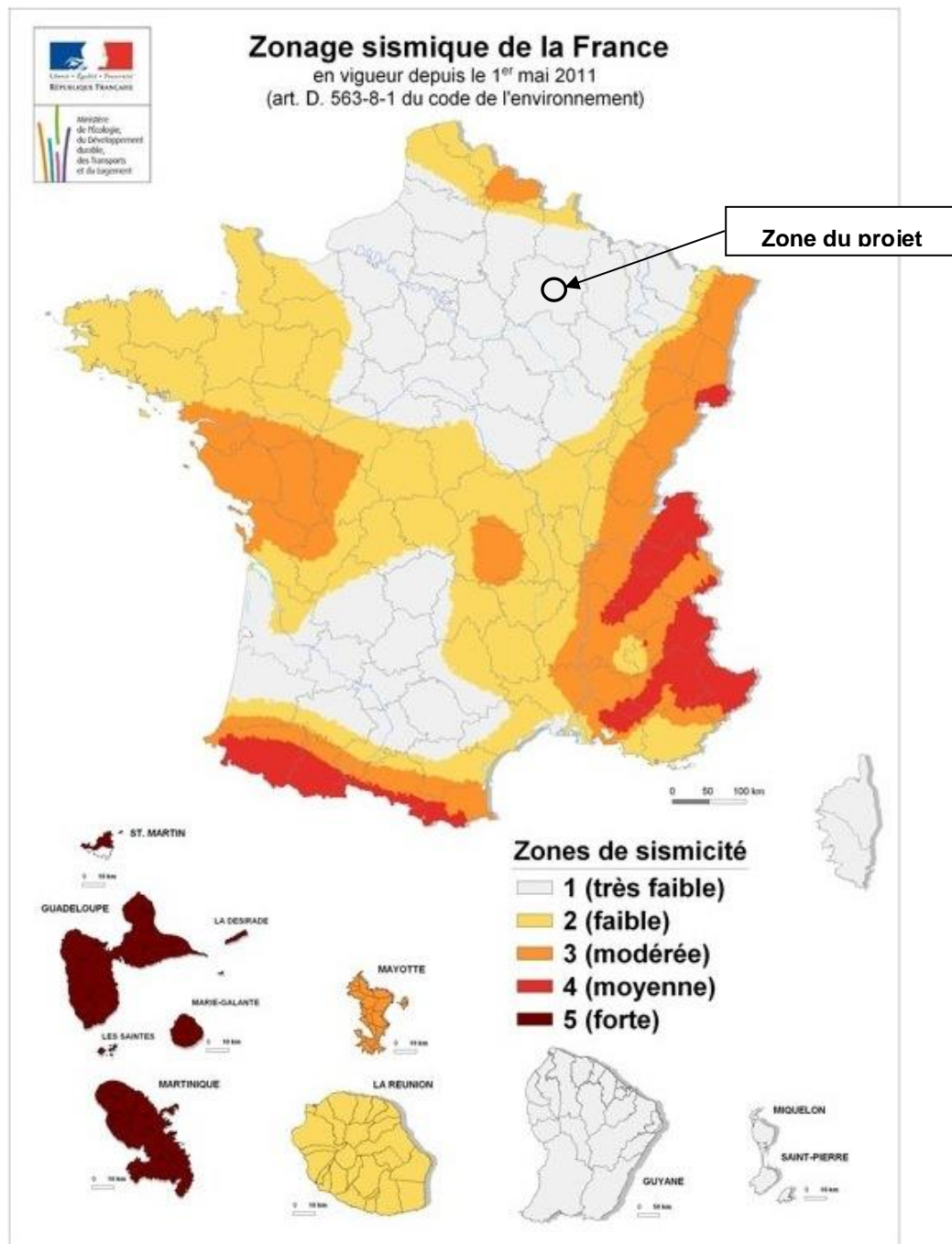


Figure 2 : Rose des vents sur la commune de Reims - Source : Météo France

3.3.2 Risques naturels

➤ Risques sismiques

Le projet de parc éolien des Mothées 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) :



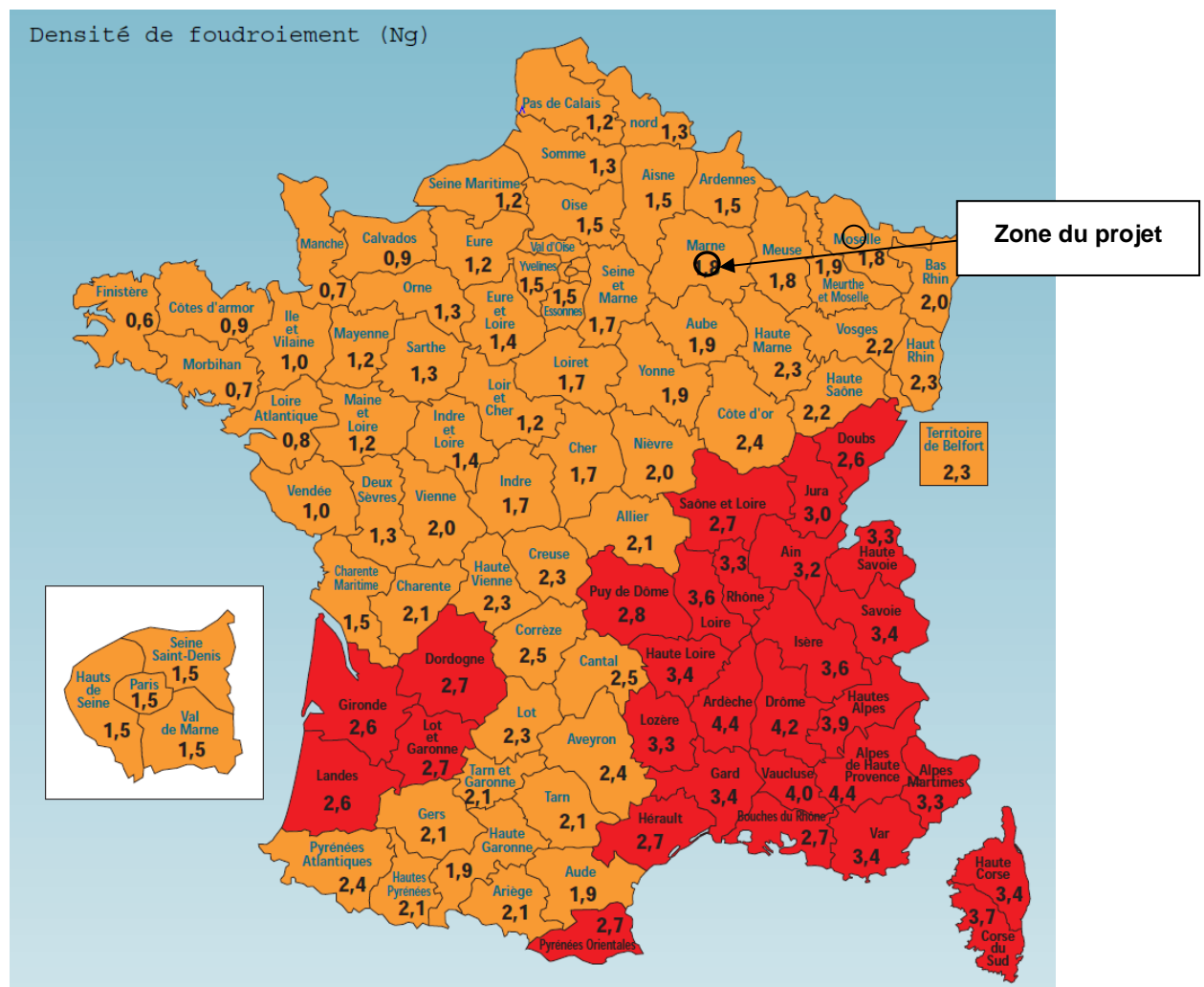
Carte 4 : Zones de sismicité en France - Source : BRGM et MEDD, 2011

Pièce 5.1 : Etude de dangers

➤ Risques foudre et tempête

La densité de foudroiement Ng exprime la valeur annuelle moyenne du nombre d'impacts de foudre par km². 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 5 : 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 km² 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 du parc éolien (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.

➤ **Risques Inondation**

A propos du risque d'inondation, la commune d'Omev a fait l'objet de deux arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle.

La commune d'Omev est soumise au PPRI secteur Châlons par crue à débordement lent de cours d'eau approuvé le 07/01/2011. Cependant, la zone du projet n'est pas concernée par le zonage réglementaire de ce PPRI.

Le projet éolien des Mothées n'est donc pas soumis au PPRI secteur Châlons en vigueur sur la commune d'Omev.

Sur la zone d'étude, **la sensibilité au problème de remontée de nappe est :**

- **très faible à inexistante** pour l'éolienne E3,
- **très faible** pour les éoliennes E1 et E2.

Les secteurs à sensibilité forte les plus proches correspondent aux abords de la Marne.

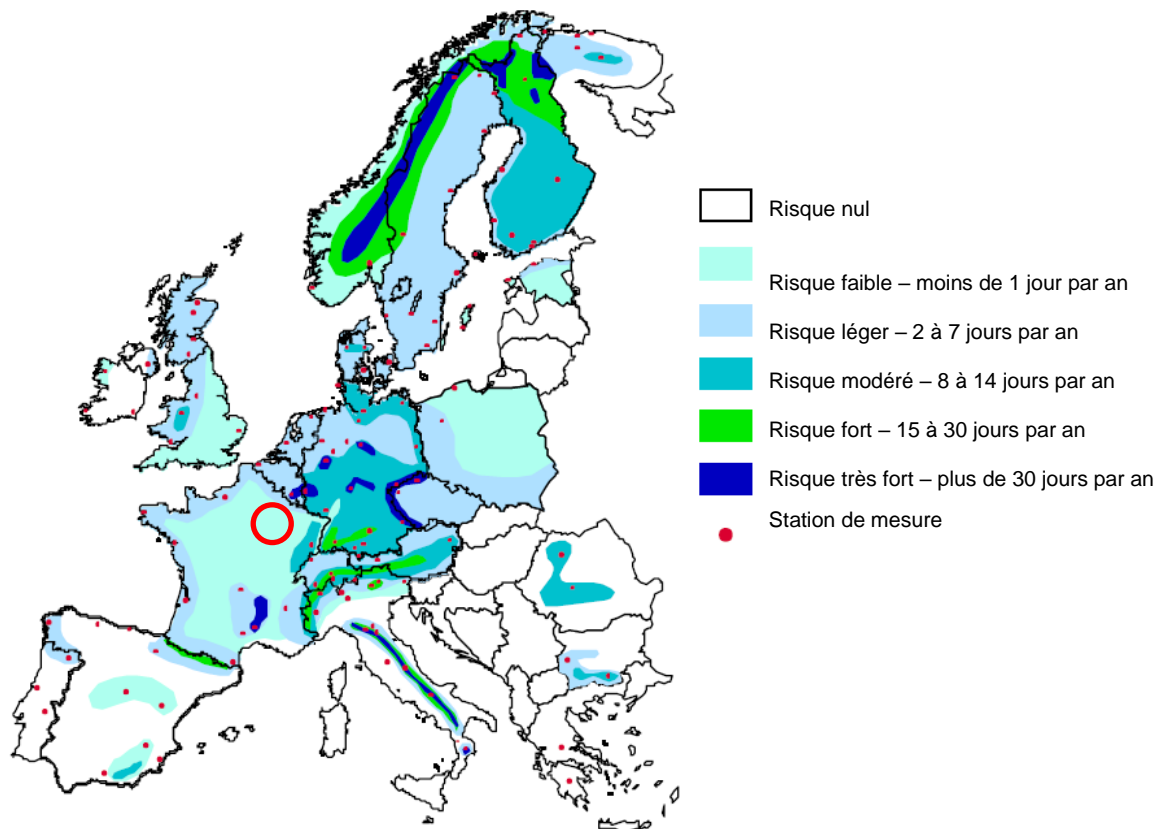
➤ **Mouvements de terrain**

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

Aucune cavité naturelle n'est référencée sur la commune d'Omey.

➤ **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 6 : 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 de parc éolien des Mothées 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 par trois voies routières principales :

- La N44 à l'ouest du site ;
- La D60 à l'ouest du site ;
- La D54 au nord du site.

Il existe également tout un réseau de routes de moindre importance, ainsi que de chemins agricoles au sein même du site d'implantation.

➤ Voies ferrées

Il n'existe pas de voie ferrée dans l'aire d'étude de 500m.

➤ Voies navigables

Il n'existe pas de voie navigable dans l'aire d'étude de 500m.

➤ Voies aériennes

Afin de permettre le décollage et l'atterrissage des avions, des servitudes liées à la circulation aérienne sont mises en place. Les servitudes aéronautiques proprement dites incluent les servitudes de dégagement des aérodromes et de leurs abords et les servitudes de balisage. Tous les aérodromes publics font l'objet de plan des servitudes Aéronautiques de Dégagements.

Le Ministère des armées informe dans son courrier du 13 mai 2016 que :

- « le projet n'est concerné par aucun plan de servitudes aéronautiques approuvé
- le projet n'est concerné par aucune installation radioélectrique de la navigation aérienne (VOR – RADAR)
- la zone d'étude est implantée dans un secteur à l'aplomb duquel a été instaurée une altitude minimale de secteur (MSA). Cette altitude est fixée à la cote NGF 635 limitant ainsi, en respect de la marge de franchissement d'obstacles réglementaire (MFO) de 300 mètres, la construction d'obstacles artificiels nouveaux à la cote NGF 335. Sur la base d'éoliennes de 150 mètres de hauteur (pale à la verticale) votre projet culmine à la cote NGF 315.

La direction de la sécurité de l'aviation civile nord-est n'émet pas d'objection à la poursuite de votre étude. »

Dans le cadre du projet éolien des Mothées, la hauteur NGF en bout de pale la plus importante observée est de 334 m pour l'éolienne E2 avec le modèle Nordex N131 – 3,9 MW (hauteur en bout de pale de l'aérogénérateur de 185,9 m).

Le projet respecte les préconisations du Ministère des armées.

3.4.2 Réseaux publics et privés

➤ Lignes de transport d'énergie électrique

Dans son courrier du 1/09/2016, le Réseau de transport d'électricité (RTE) précise que RTE GMR Champagne Ardenne exploite les ouvrages aériens dénommés :

- Ligne à 225 000 volts LA CHAUSSEE – RECY N°1 ;
- Ligne à 63 000 volts LA CHAUSSEE – COMPERTRUX N°2 ;
- Ligne à 63 000 volts LA CHAUSSEE - COMPERTRUX N°1.

Compte tenu du caractère sensible et stratégique de leurs ouvrages, RTE préconise une distance d'éloignement supérieure à la hauteur de l'éolienne pale comprise par rapport au câble le plus proche (extérieur) et dans sa position la plus défavorable.

RTE n'a pas de contraintes particulières à exprimer compte tenu des distances d'éloignement suffisantes entre le projet et leurs ouvrages.

➤ Réseaux souterrains

Les réseaux / ouvrages Véolia se trouvent à une distance supérieure à 500 m (Récépissé de DT reçu le 04/08/2016)

Enedis indique (Récépissé DT reçu le 09/08/16) qu'il y a au moins un réseau / ouvrage concerné sur la zone du projet. Il est précisé que les branchements situés dans l'emprise du projet et pourvus d'affleurant sont tous rattachés à un réseau principal souterrain. Il est recommandé avant les travaux d'évaluer les distances d'approches.

Orange précise (Récépissé de DT reçu le 16/08/2016) qu'au moins un réseau / ouvrage est concerné par le projet.

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 ;
- radar secondaire à plus de 16 km des aérogénérateurs ;
- VOR (Visual Omni Range) à plus de 15 km des aérogénérateurs ;

La préfecture de la zone de Défense et de Sécurité EST dans son courrier du 31 août 2017 précise que « *le projet est situé à proximité d'une infrastructure FH du Ministère de l'Intérieur. L'éolienne E2 est notamment positionnée à 199 m de la liaison FH. Aussi en l'état je ne peux pas m'opposer à ce projet. Cependant je vous demande de bien vouloir prendre en compte la servitude existante en respectant une distance de 150 mètres de part et d'autre de l'axe du faisceau hertzien* ».

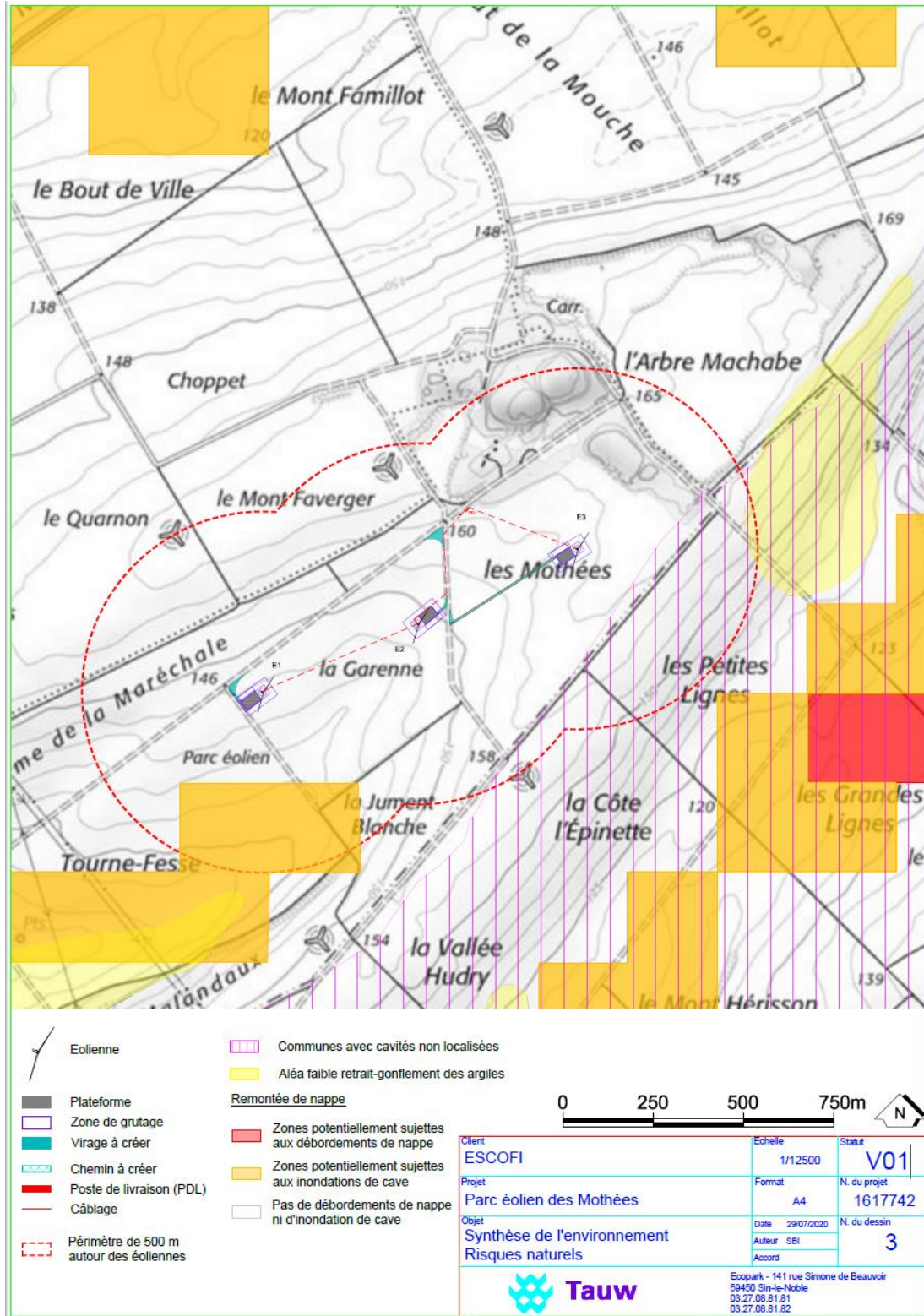
Météo France porte un avis sur tous les projets situés dans la zone de coordination d'un de leurs radars, soit un rayon de 30 km autour des radars. Dans son courrier du 21/08/2018, Qinetiq pour le radar Météo France d'Arcis précise que le projet éolien des Mothées est en dehors de la zone de coordination et qu'aucune évaluation n'est requise.

Les éoliennes du projet respectent les distances minimales d'éloignement vis-à-vis des radars (radars météorologiques, radars de l'aviation civile, radars des ports) imposées par l'arrêté du 26 août 2011.

3.5 Cartographies de synthèse

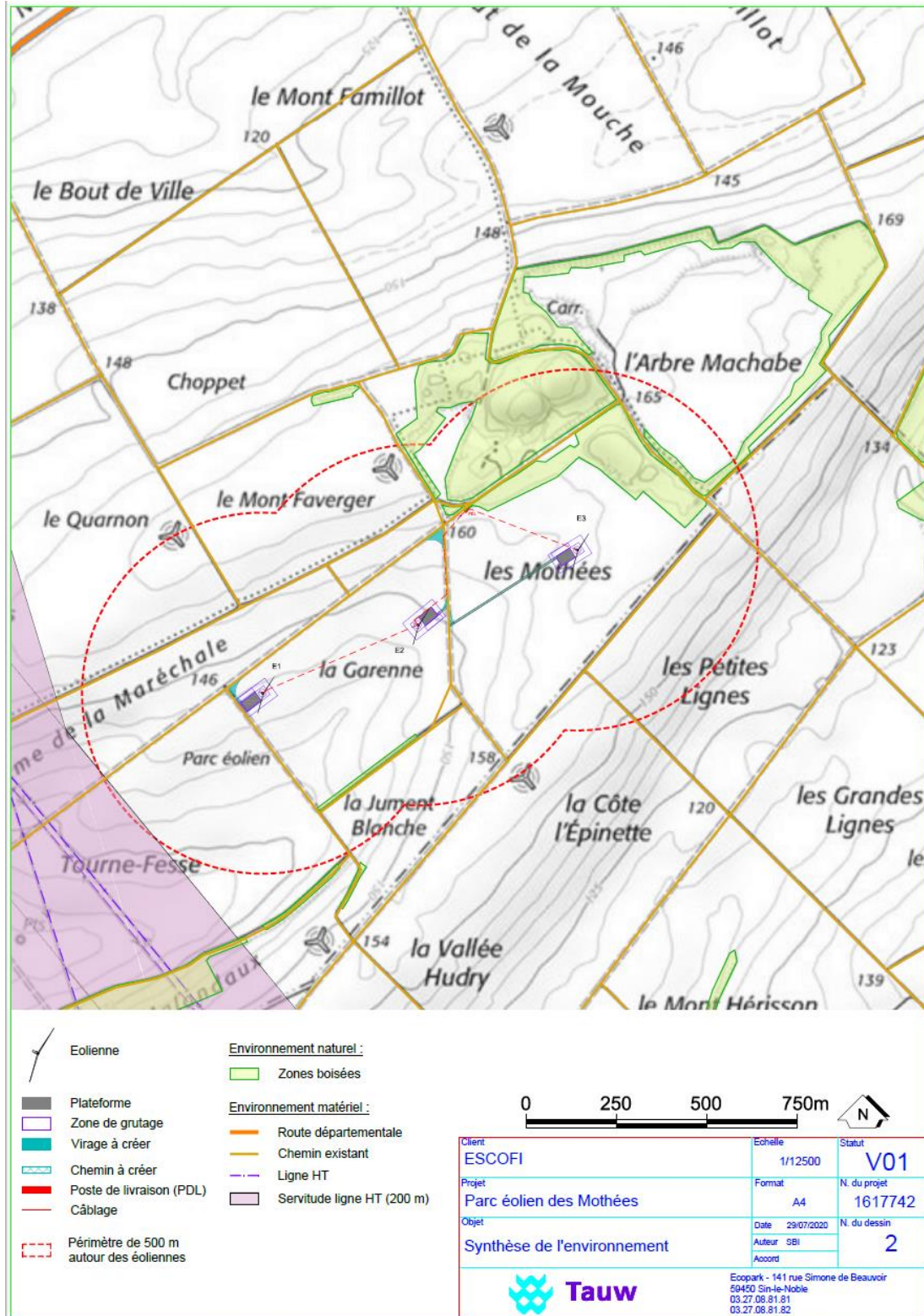
Ces cartographies sont présentées sur les deux cartes suivantes. Elles synthétisent l'analyse de l'étude d'impact dans son chapitre 5.

Pièce 5.1 : Etude de dangers



Carte 7 : Synthèse des risques naturels – Source : Tauw France

Pièce 5.1 : Etude de dangers



Carte 8 : Synthèse de l'environnement – 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 :

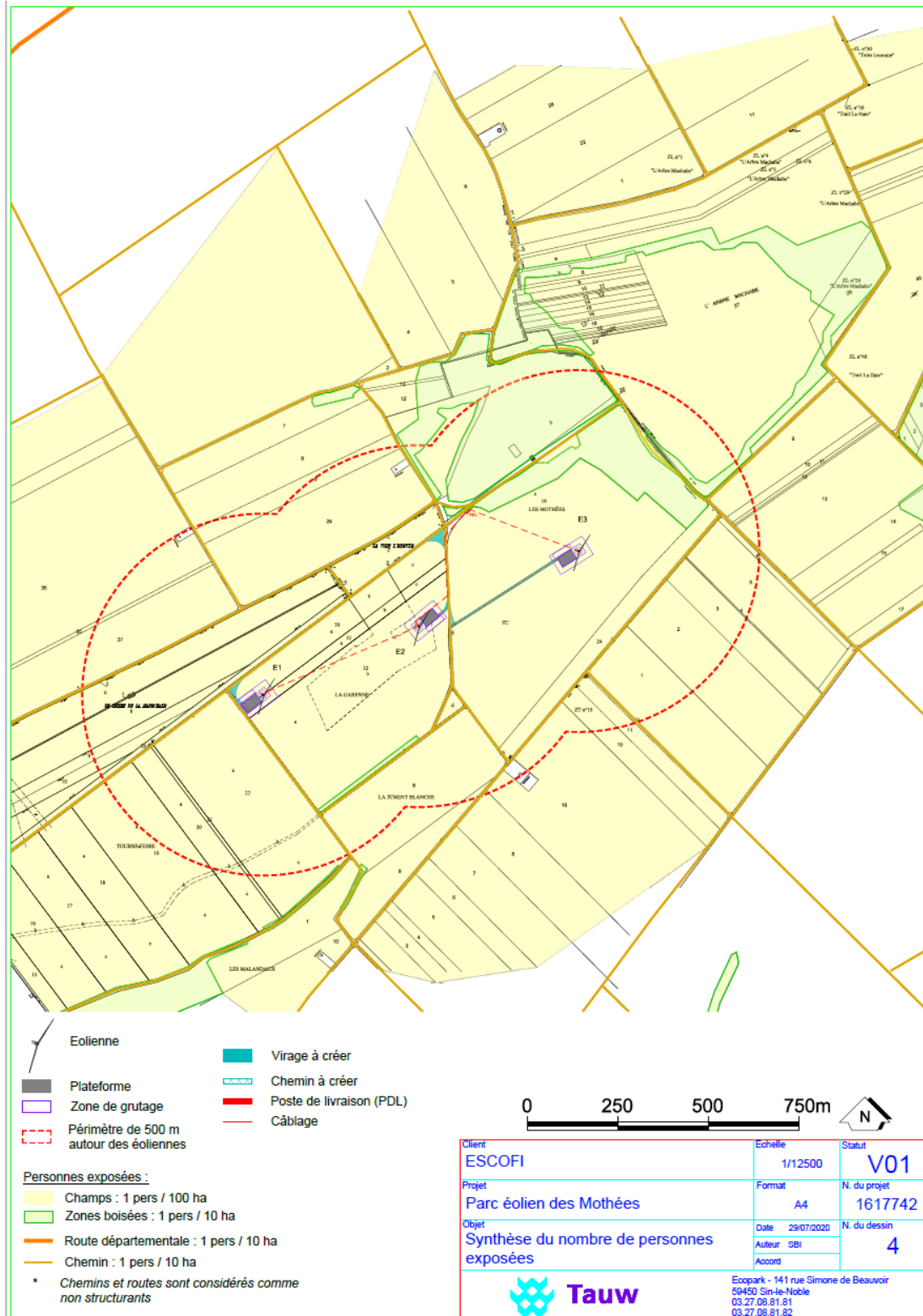
CIBLE	NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES		DISTANCE MINIMALE PAR RAPPORT AU PARC EOLIEN
	PAR TAILLE EXPOSEE	AU MAXIMUM*	
Terrains non aménagés et très peu fréquentés : zones agricoles et boisements	1 personne / 100 ha	0,7550 personne (pour l'éolienne E3 – projection de pale)	A proximité immédiate
Terrains aménagés mais peu fréquentés : routes non structurantes et chemins agricoles	1 personne / 10 ha	0,3042 personne (pour l'éolienne E3– projection de pale)	Chemins agricoles situés à quelques dizaines de mètres de chaque machine

Tableau 9 - 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 de parc éolien des Mothées.

Pièce 5.1 : Etude de dangers


Carte 9 : Synthèse du nombre de personnes présentes autour du projet de parc éolien des Mothées – 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

➤ Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

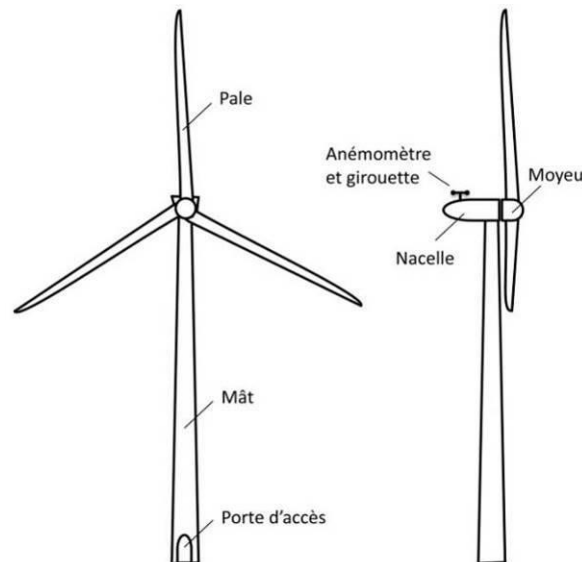


Figure 3 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

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 (générateur, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité.

➤ 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.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

- **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.

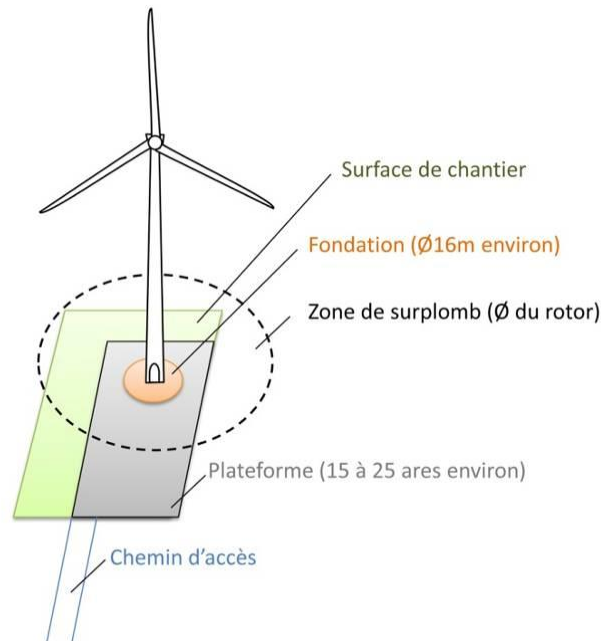


Figure 4 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

(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

➤ Mode de fonctionnement

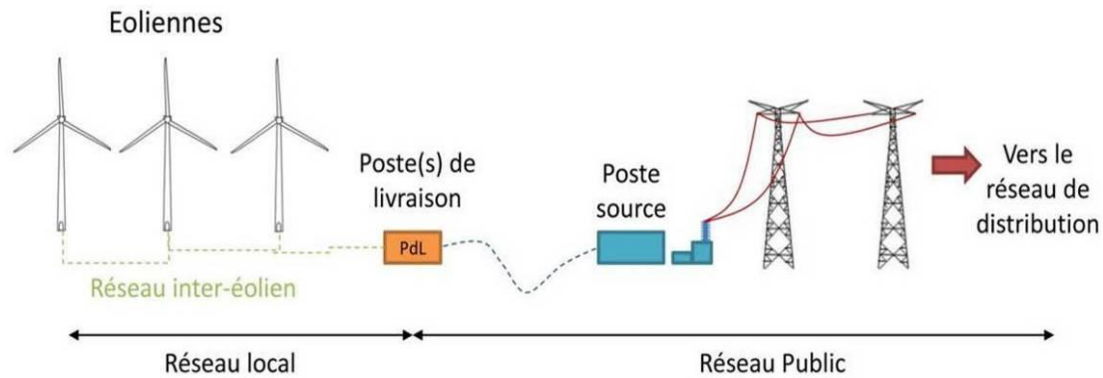


Figure 5 : Raccordement électrique des installations

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 0,8 m et 1,30 m.

Les 3 éoliennes du projet de parc éolien des Mothées sont interconnectées entre elles et raccordées au poste 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.

➤ 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 de parc éolien des Mothées comptera un poste de livraison pour une puissance totale maximale de 12 MW avec le scénario 2 : 2 éoliennes Vestas V 136 – 4,2 MW et 1 éolienne Vestas V 126 – 3,6 MW.

➤ **Raccordement interne (éoliennes – poste de livraison)**

Le poste de livraison occupera une surface d'environ 37 m². Le poste de livraison sera sur une plateforme empierrée, en bordure du Chemin de la Carrière, au sein de la parcelle cadastrale ZC-19 sur la commune d'Omey à proximité des éoliennes E2 et E3. Les matériaux et coloris utilisés seront choisis et adaptés au contexte du site.

Ce raccordement sera exécuté exclusivement au moyen de câbles souterrains qui seront enfouis à une profondeur de 1 m à 1,30 m avec grillage avertisseur, et emprunteront les 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 au poste de livraison et la longueur du câblage :

Eléments du parc	Longueur de câble (ml)
E1 – E2	490
E2 – PDL	310
E3 – PDL	340
Total Général	1 240 ml

Tableau 10 : Longueur du câblage - Source : Parc éolien des Mothées

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, (par exemple : ENEDIS). Il incombera donc au gestionnaire 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.

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 des postes 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 de parc éolien des Mothées 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 de parc éolien des Mothées est composé de 3 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Les aérogénérateurs ont une hauteur de moyeu comprise entre 87 et 120 mètres et un diamètre de rotor compris entre 126 et 136 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale comprise entre 150 ou 185,9 mètres.

Les coordonnées et les hauteurs de chacun de ces éléments sont présentées dans le tableau suivant (scénario 1 qui présente les hauteurs en bout de pale les plus importantes) :

Eoliennes	Altitude de l'implantation	Hauteur maximale de l'éolienne en bout de pale	Z de l'éolienne en bout de pale
E1	142,5 m	185,9 m	328,4 m
E2	148,1 m	185,9 m	334 m
E3	162,1 m	171,5 m	333,6 m

Tableau 11 : Altitude d'implantation et hauteur en bout de pale des éoliennes - Source : Parc éolien des Mothées

	Lambert France 93	
	X	Y
E1	811455.608	6862996.955
E2	811886.814	6863184.416
E3	812327.965	6863391.942
PDL	812013.842	6863489.307

Tableau 12 : Coordonnées des aérogénérateurs et des postes de livraison – Source : Parc éolien des Mothées

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.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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	Plateforme : 1950 m ² Profondeur : 4 à 5 m
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Type Tour tubulaire en acier Hauteur de moyeu 120 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	Hauteur pour le transport : 4 m Longueur 12,8 m Largeur 4 m
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Longueur : 66,7 m max Diamètre du rotor 136 m Surface balayée : 14 527 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 13 : 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 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.

D'autres chemins d'accès seront à créer le long ou au sein des parcelles pour desservir les éoliennes. La longueur cumulée de ces chemins d'accès créés totalise 350 m.

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 de parc éolien des Mothées, l'ensemble du réseau de câblage permettant de relier les 3 éoliennes au poste de livraison prévu sera enterré sur environ 1 178 mètres.

4.2.6 Autres installations

Le projet de parc éolien des Mothées 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

➤ 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 :

Pièce 5.1 : Etude de dangers

- 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.

➤ 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.

➤ 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 de parc éolien des Mothées, 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 Châlons-en-Champagne. La section est composée de 90 sapeurs-pompiers professionnels et 60 sapeurs-pompiers volontaires.

Le centre d'incendie et de secours de Châlons-en-Champagne est situé à environ 18 km en voiture du parc éolien. Le temps nécessaire pour l'arrivée des pompiers est estimé à 23 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.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

- 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.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

- 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 de parc éolien des Mothées.

5 Raccordement au réseau électrique

5.1 Schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables (S3REnR)

Pour atteindre les objectifs fixés en matière d'énergie renouvelables par le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE), c'est-à-dire accueillir les nouvelles unités de production, des travaux sur les réseaux publics peuvent s'avérer nécessaires (ouvrages à créer ou à renforcer). Prévu par l'article L. 321-7 du code l'énergie, le Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables (S3REnR) vise à anticiper autant que possible les besoins des producteurs d'électricité dans le réseau. Le S3REnR de Champagne Ardenne a été validé en décembre 2015.

Ces schémas sont basés sur les objectifs fixés par les SRCAE et doivent être élaborés par RTE en accord avec les gestionnaires des réseaux publics de distribution d'électricité concernés dans un délai de 6 mois suivant l'approbation des SRCAE. Ils comportent essentiellement :

- les travaux de développement (détaillés par ouvrages) nécessaires à l'atteinte de ces objectifs, en distinguant création et renforcement ;
- la capacité d'accueil globale du S3REnR, ainsi que la capacité d'accueil par poste ;
- le coût prévisionnel des ouvrages à créer (détaillé par ouvrage) ;
- le calendrier prévisionnel des études à réaliser et procédures à suivre pour la réalisation des travaux.

Deux possibilités de raccordement au Réseau Electrique sont possibles : La Chaussée-sur-Marne (à environ 3 km du projet) ou Contault (à 22 km du projet éolien). Le gestionnaire du réseau sera consulté une fois que le préfet aura délivré l'autorisation environnementale.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

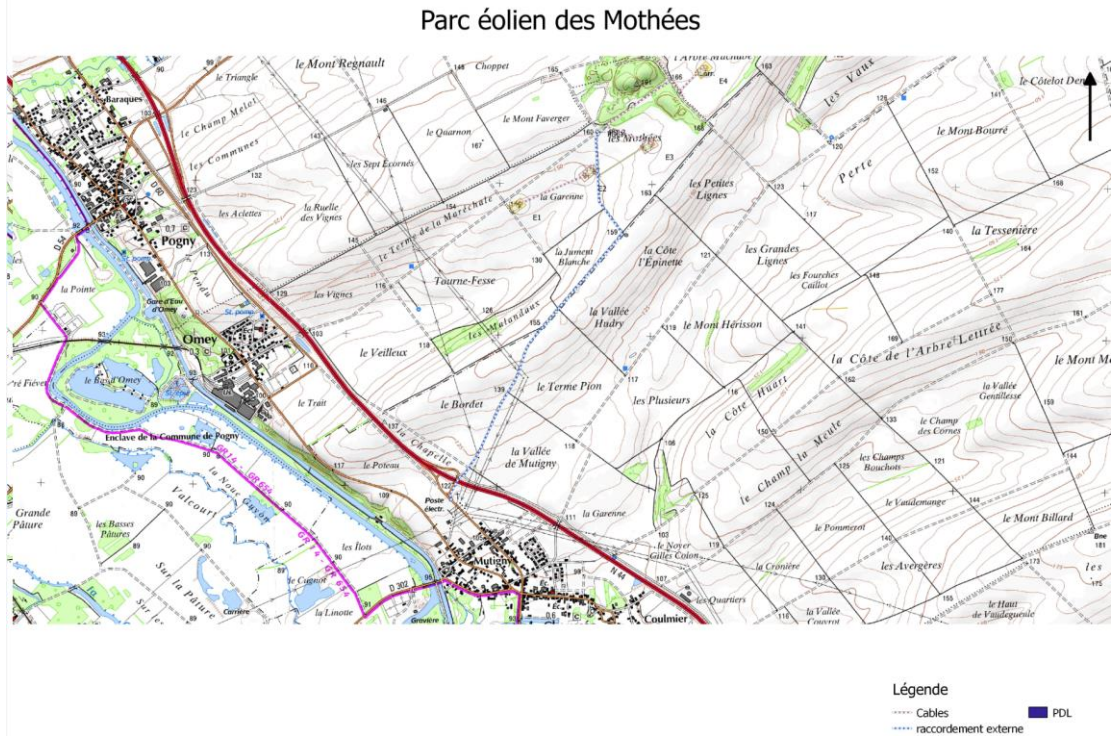


Figure 6 : Hypothèse de raccordement du projet au poste source de la Chaussée

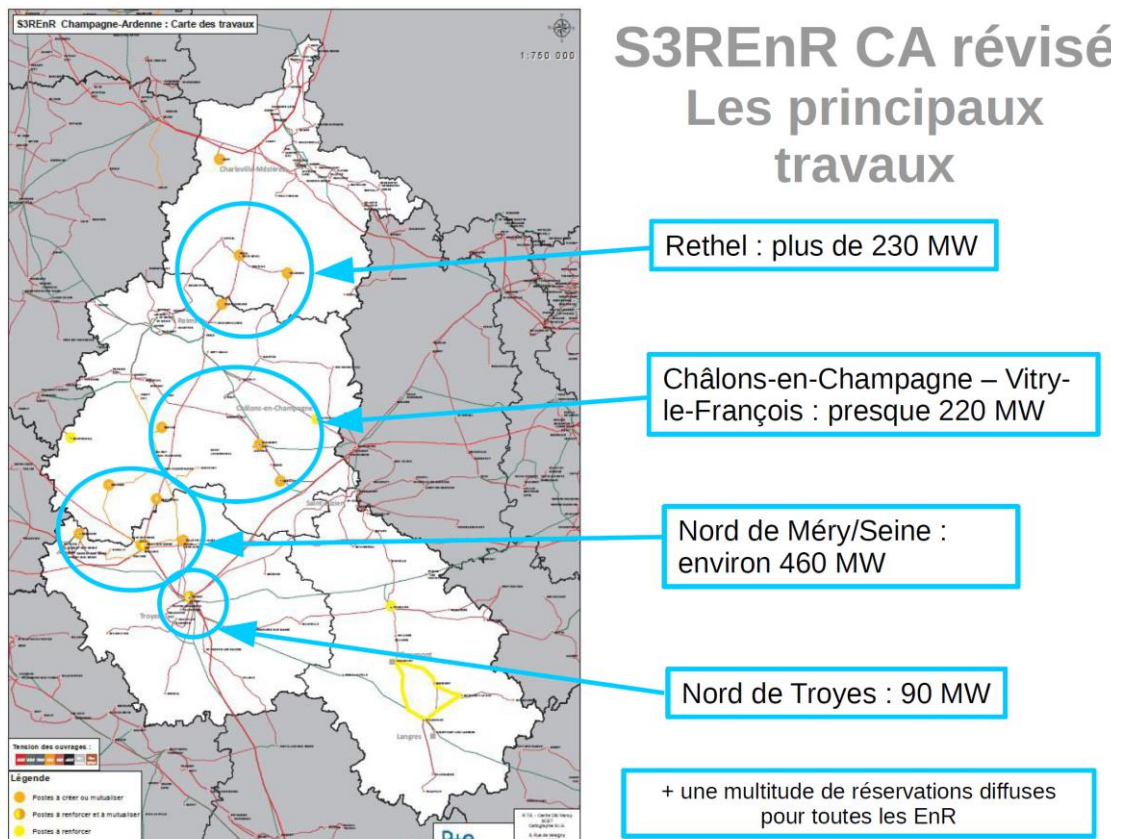


Figure 7 : Travaux retenus du S3REnR – Source : DREAL Grand-Est

Dans la zone du projet (Châlons-en-Champagne / Vitry-le-François), presque 220 MW pourront être collectés après que les travaux retenus soient effectués.

5.2 Poste de livraison

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

Un poste de livraison électrique est composé de 2 ensembles :

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

Certains parcs éoliens, par leur taille, peuvent posséder plusieurs postes de livraison, voire se raccorder directement sur un poste source, qui assure la liaison avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension).

Compte tenu de la puissance maximale envisagée sur le parc éolien des Mothées, un seul poste sera nécessaire pour évacuer l'électricité produite.

5.3 Réseau inter-éolien

Le réseau électrique inter-éolien (ou réseau électrique interne) permet d'acheminer l'électricité produite en sortie d'éolienne vers le poste de livraison électrique.

Ce réseau sera constitué d'un jeu de câbles triphasés HTA en aluminium isolés par des gaines. Il comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. La télégestion du parc éolien sera ainsi assurée par le biais des fibres optiques.

Les composants du câble (gaine comprise) seront :

- Âme ;
- Écran semi-conducteur interne ;
- Isolant PR ;
- Ecran semi-conducteur sur isolant, cannelé et pelable ;
- Poudre d'étanchéité dans les cannelures ;
- Écran aluminium posé en long et collé à la gaine ;
- Gaine Polyéthylène ;
- Assemblage sous forme de torsade à pas long.

Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils seront tous enfouis à une profondeur comprise entre 0,8 m et 1,30 m et reposeront sur un lit de sable. Voir figure ci-après. L'enfouissement des câbles sera réalisé selon la technique du soc vibrant ou de la tranchée.

Un grillage avertisseur rouge sera placé au-dessus des câbles.

Le réseau interne est préférentiellement réalisé au droit ou en accotement des chemins d'accès. Ainsi, les 3 éoliennes du parc éolien seront interconnectées entre elles et raccordées aux postes de livraison électrique par un réseau de câbles électriques triphasés HTA (tension nominale : 20 000 V).

Pièce 5.1 : Etude de dangers

Le tableau suivant identifie les parcelles traversées par le réseau inter-éolien.

Commune	Nom du chemin ou éléments du parc	Section	Parcelle
	E1		
Omey	La Garenne	ZC	31
Omey	La Garenne	ZC	32
	E2		
	Chemin de l'AF d'Omey		
	Postes de Livraison		
Omey	Les Mothées	ZC	19
	E3		

Tableau 14 : Parcelles traversées par le réseau inter-éolien – Source : Parc éolien des Mothées

Les plans de raccordement interne du parc éolien des Mothées sont présentés en Pièce 7 à l'échelle 1/1 000^{ème}.

5.4 Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie le poste de livraison avec le poste source. Les poste source n'est à ce jour pas connu. Le réseau externe est lui aussi entièrement enterré et est réalisé sous maîtrise d'ouvrage du gestionnaire de réseau de transport d'électricité.

Les règles de définition des conditions de raccordement sont les suivantes :

« Les conditions de raccordement aux réseaux publics d'électricité des installations de production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables, d'une puissance installée supérieure à 36 kilovoltampères, sont fixées par le décret n° 2012-533 du 20 avril 2012. L'article 14 de ce décret indique que les gestionnaires de réseaux publics proposent la solution de raccordement sur le poste le plus proche disposant d'une capacité réservée, en application de l'article 12, suffisante pour satisfaire la puissance de raccordement demandée. »

5.5 Qualification du personnel

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

Les procédures et formations du personnel en charge de l'installation des équipements seront conformes à la norme NF C 18-510 pour les installations basse tension et haute tension. Au moment du chantier, un plan de prévention sera mis en place pour identifier par thème, les risques liés au chantier et afin de mettre en place des actions pour les éviter.

5.6 Respect des normes techniques

Les éoliennes et le poste de livraison ainsi que les réseaux électriques respecteront les différentes normes techniques dont la norme UTE C 18-510.

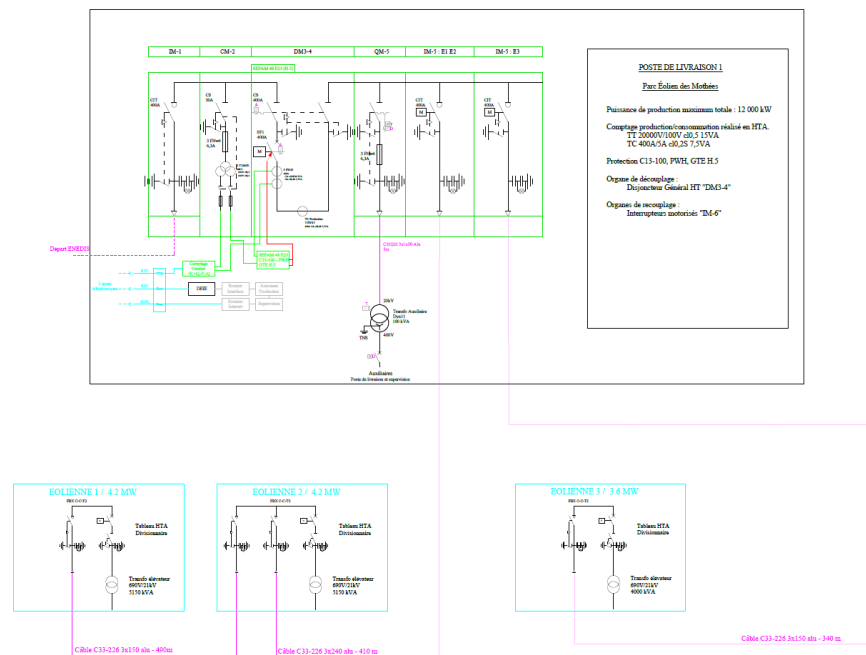
Les postes de livraison respecteront les normes suivantes : NF C 13-100, NF C 13-200 et NF C 15-100.

Les câbles respecteront la norme NF C 33-226 (HTA).

Ces ouvrages seront établis suivant les prescriptions de l'arrêté technique du 17 mai 2001 modifié par l'arrêté du 26 janvier 2007 conformément aux règles de l'art et suivant les publications UTE. Ainsi, ces ouvrages sont conformes à la réglementation technique en vigueur.

Le schéma unifilaire est un schéma de principe qui ne prend en compte aucune contrainte électrique du réseau ENEDIS car ces dernières sont inconnues à ce jour.

Le schéma unifilaire du poste de livraison (PDL) est présenté sur la figure suivante.



	DESIGNER:	G.WVTS						Parc Eolien des Mothées Unifilaire général HTA
	VERIFIER:	K.LENORMAND						
	DATE:	06/02/2020						

Figure 8 : Schéma unifilaire Source : Parc éolien des Mothées

<

6 Identification des potentiels de dangers de l'installation

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

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

6.1 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 de parc éolien des Mothées 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.

6.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du projet de parc éolien des Mothées 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)

Pièce 5.1 : Etude de dangers

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

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

6.3 Réduction des potentiels de dangers à la source

6.3.1 Principales actions préventives

➤ 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 :
 - 1 100 m des premières habitations (par rapport à l'éolienne E1),
 - 70 m des routes non structurantes (distance entre E1 et le chemin dit de la Jument),
- Modèle d'éolienne muni de nombreuses mesures de sécurité et éprouvées industriellement.

➤ 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,

Pièce 5.1 : Etude de dangers

- 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.

6.3.2 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.

7 Analyse des retours d'expérience

7.1 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, littératures 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.

7.2 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 de parc éolien des Mothées.

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.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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.

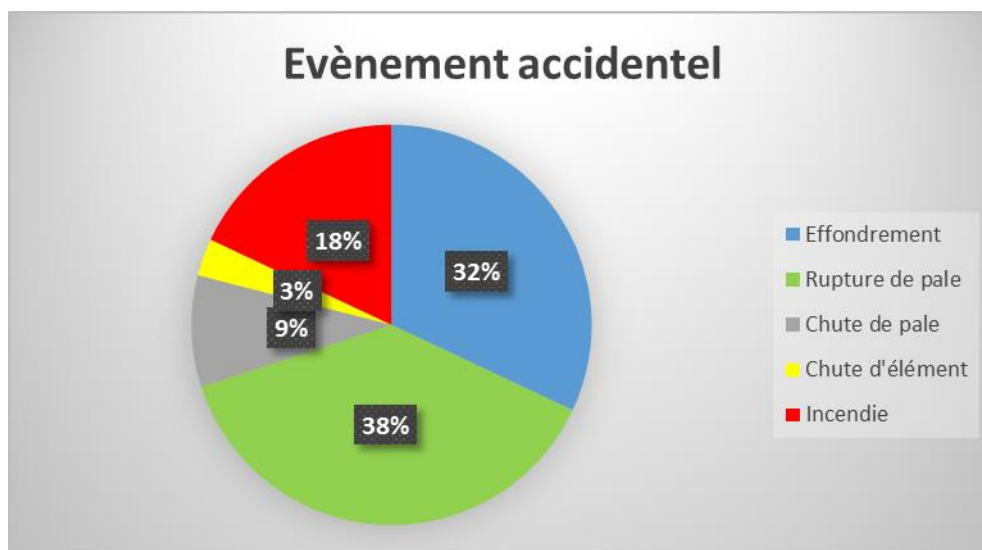


Figure 9 : Répartition des événements accidentels – Source : guide technique – élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens

Pièce 5.1 : Etude de dangers

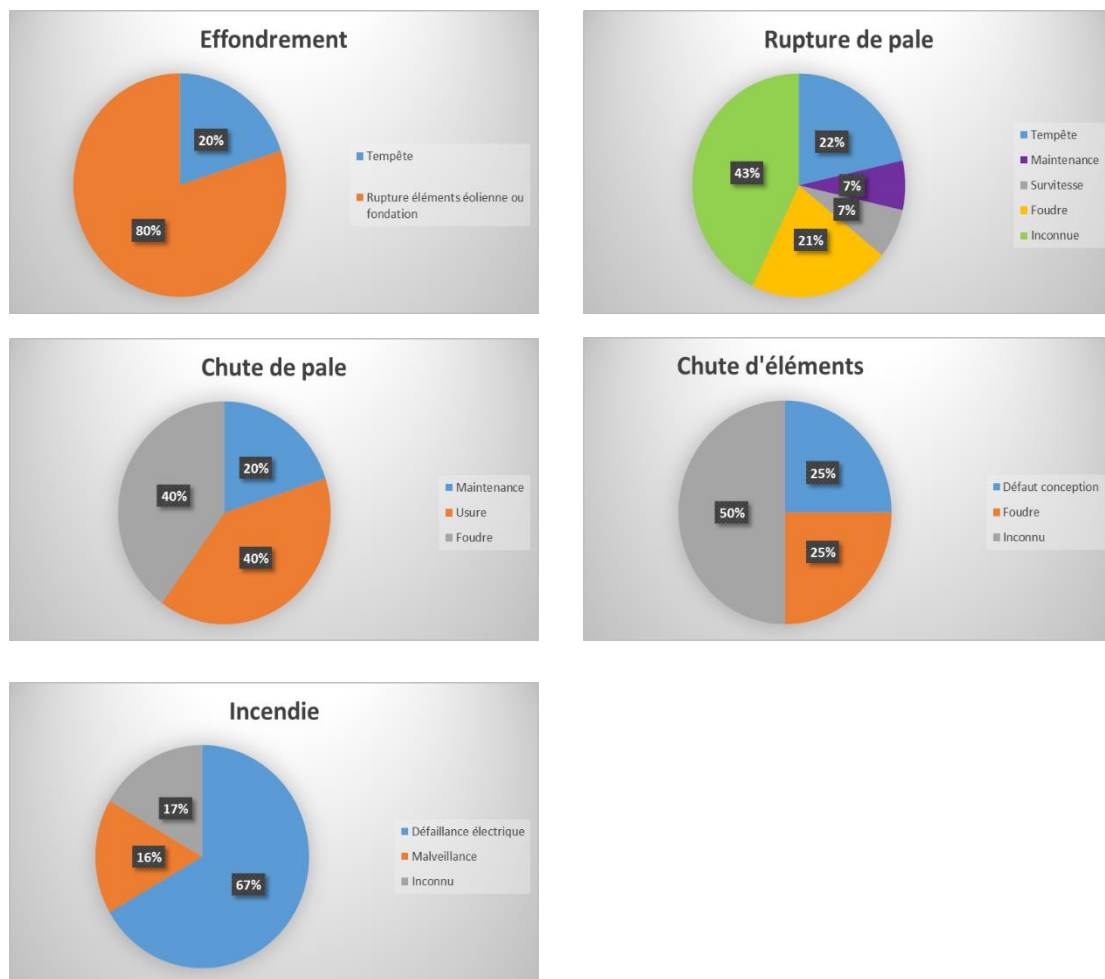


Figure 10 : Répartition des causes des événements accidentels – Source : guide technique – élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens

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.

7.3 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.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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

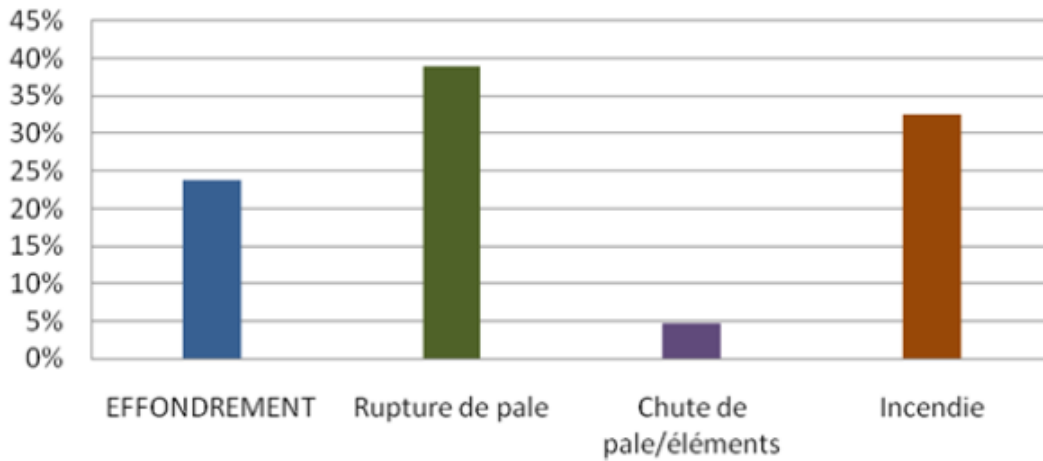


Figure 11 : Répartition des événements accidentels dans le monde

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).

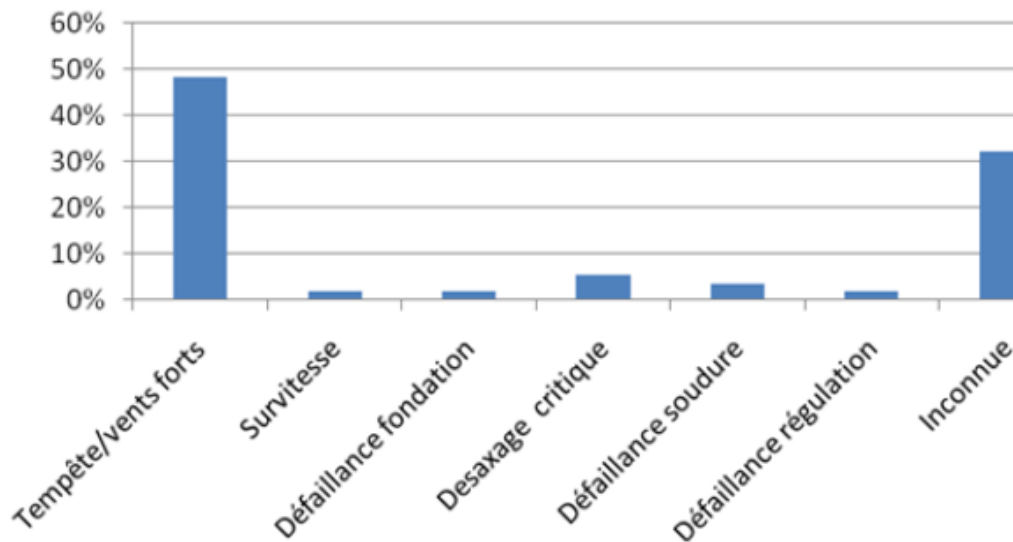


Figure 12 : Répartition des causes d'effondrement

Pièce 5.1 : Etude de dangers

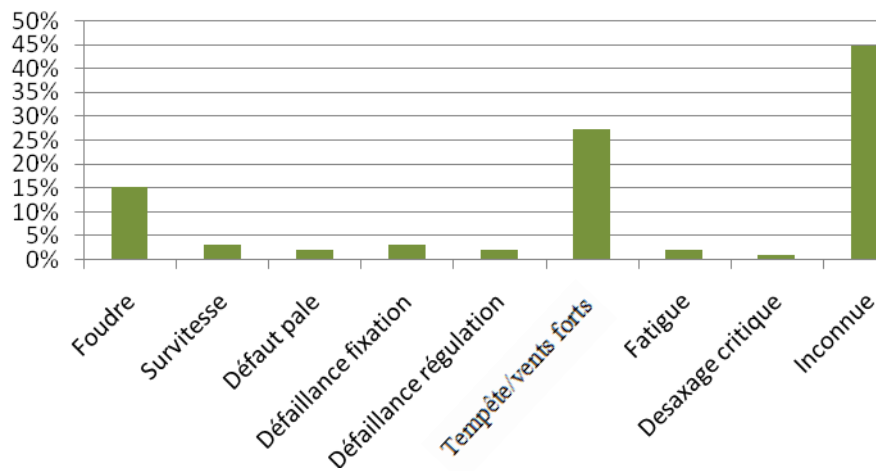


Figure 13 : Répartition des causes de rupture de pale

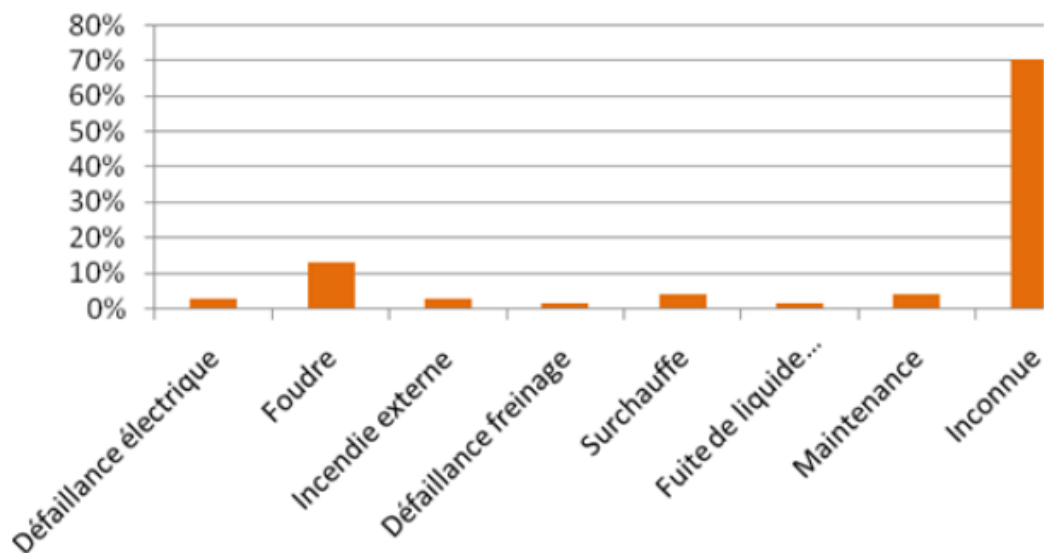


Figure 14 : Répartition des causes d'incendie

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

7.4.1 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.

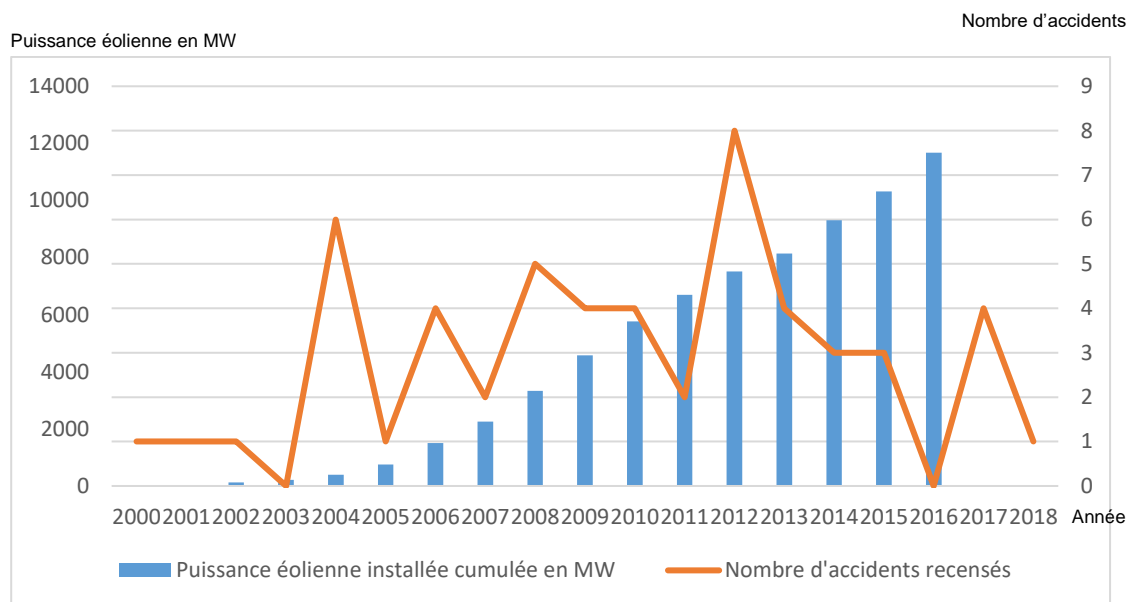


Figure 15 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

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

7.4.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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.

7.5 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.

8 Analyse préliminaire des risques

8.1 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.

8.2 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.

8.3 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.

8.3.1 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 :

	E2	E3
E1	467 m	957 m
E2		493 m

Tableau 16 : Distances en mètre entre les éoliennes – Source : Tauw France

Infrastructure	Fonction	Événement 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	Chemin rural à 70 m de E1 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	15 km au nord-ouest
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Non	Absence de ligne EDF dans le voisinage
Autres éoliennes	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Non	E1 et E2 se situent à moins de 500 m de 3 éoliennes de deux autres parcs

Tableau 17 : 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.

8.3.2 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 a priori nul

Tableau 18 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels

8.4 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 6.1 et 6.2), 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 ;

Pièce 5.1 : Etude de dangers

- 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).

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 19 : 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
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

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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

Tableau 20 : 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
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2

Tableau 21 : 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
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

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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

Tableau 22 : Scénarii étudiés dans l'APR (4/4)

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.

8.5 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 ».

Pièce 5.1 : Etude de dangers

Le projet de parc éolien des Mothées se trouve à moins de 500 m de deux autres parcs : le parc de Quarnon et le parc de la Côte l'épinette. Le tableau suivant indique les distances les plus courtes entre les éoliennes du projet des Mothées et celles des deux autres parcs :

Eolienne du parc éolien des Mothées	Distance avec l'éolienne la plus proche d'un autre parc
E1	493 m d'une éolienne du parc de Quarnon
E2	438 m d'une éolienne du parc de Quarnon
E2	494 m d'une éolienne du parc de la Côte l'épinette

Tableau 23 : Distance entre le parc des Mothées et les parcs voisins

Cependant, les exemples d'accidents du guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers de l'INERIS ainsi que les recherches réalisées ne nous ont pas permis de trouver de cas d'effet domino d'une éolienne sur une autre. Le risque d'effet domino semble être infime.

8.6 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 de parc éolien des Mothées.

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 »).

Pièce 5.1 : Etude de dangers

- **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.

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 PIECES 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

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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

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

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 %

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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

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

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 qualifiés Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

	Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	NA
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.

Tableau 27 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (4/5)

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'EOLIEENNE 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

Note : « NA » : Non Applicable

Tableau 28 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (5/5)

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.

8.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

NOM DU SCENARIO EXCLU	JUSTIFICATION
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

Tableau 29 : Scénarii exclus de l'étude détaillée

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.

9 Etude détaillée des risques

9.1 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.

9.2 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.

9.2.1 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.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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

9.2.2 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 30 : Degré d'exposition

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

9.2.3 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 31 : Gravité

9.2.4 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.

Niveaux	Echelle qualitative	Echelle quantitative (probabilité annuelle)
A	Courant : Se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.	$P > 10^{-2}$
B	Probable : S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
C	Improbable : 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.	$\leq 10^{-5}$

Tableau 32 : Niveaux de probabilité

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

9.2.5 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 :

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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

Tableau 33 : Matrice d'acceptabilité des risques

Avec :

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

9.2.6 Caractéristiques retenues des éoliennes

Le projet de parc éolien des Mothées comprend 3 éoliennes. Le modèle d'éolienne n'est pas encore arrêté. Deux scénarii sont envisagés :

- **Scénario 1** : l'implantation de trois Nordex N131 d'une puissance unitaire de 3,9 MW pour les éoliennes E1 et E2, et d'une puissance unitaire de 3,6 MW pour l'éoliennes E3.
- **Scénario 2** : l'implantation de deux Vestas V136 d'une puissance unitaire de 4,2 MW pour les éoliennes E1 et E2, et d'une Vestas V126 d'une puissance unitaire de 3,6 MW pour l'éoliennes E3.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

Caractéristiques	Scénario 1		Scénario 2	
	N131-3,9MW E1 E2	N131-3,6MW E3	V136-4,2MW E1 E2	V126-3,6MW E3
Diamètre du rotor	131 m	131 m	136 m	126 m
Longueur de la pale	64,7 m	64,7 m	66,7 m	61,7 m
Largeur à la base de la pale	3,9 m	3,9 m	4,1 m	4 m
Largeur moyenne du mat	4,3 m	4,3 m	3,62 m	3,4 m
Hauteur du moyeu	120 m	106 m	112 m	87 m
Zone d'effet : projection de tout ou partie de pale	500 m	500 m	500 m	500 m
Zone d'effet : effondrement de l'éolienne - hauteur de l'éolienne en bout de pale	185,9 m	171,5 m	180 m	150 m
Zone d'effet : chute d'éléments de l'éolienne – moitié du rotor	65,5 m	65,5 m	68 m	63 m
Zone d'effet : chute de glace – moitié du rotor	65,5 m	65,5 m	68 m	63 m
Zone d'effet : projection de glace – 1,5 x (hauteur du moyeu + diamètre du rotor)	376,5 m	355,5 m	372 m	319,5 m

Tableau 34 : Caractéristiques des éoliennes – Source : Parc éolien des Mothées

9.3 Caractérisation des scénarii retenus

9.3.1 Effondrement de l'éolienne

➤ Zone d'effet

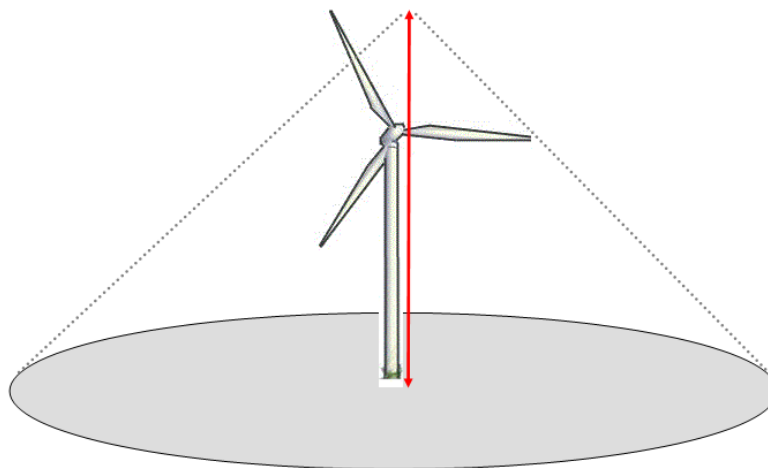


Figure 16 : Effondrement de l'éolienne – Schéma de principe de la distance d'effet

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 de parc éolien des Mothées :

	Scénario 1		Scénario 2	
Zone d'effet	N131-3,9MW E1 E2	N131-3,6MW E3	V136-4,2MW E1 E2	V126-3,6MW E3
effondrement de l'éolienne - hauteur de l'éolienne en bout de pale	185,9 m	171,5 m	180 m	150 m

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.

w

➤ **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,

Pièce 5.1 : Etude de dangers

- 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.

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 :

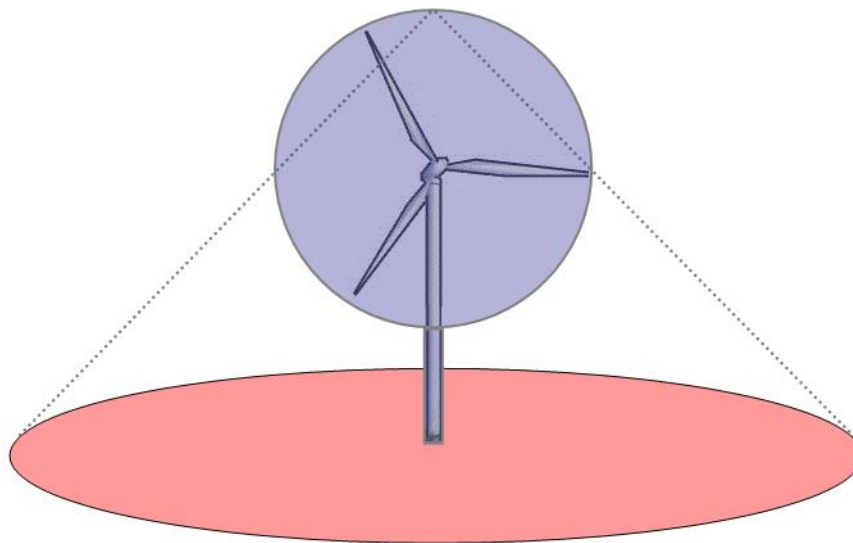


Figure 17 : Effondrement de l'éolienne – Intensité

On a donc :

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

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.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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

Dimensions de l'éolienne (en m)					Zone d'impact en m ²	Zone d'effet en m ²	Degré d'exposition (en %)	Intensité	Modèle
H	R	L	H _{tot}	I _p					
120	64,7	4,3	185,9	3,9	894,5	108 569,7	0,824	Exposition modérée	N131 3,9 MW
106	64,7	4,3	171,5	3,9	834,3	92 401,3	0,903	Exposition modérée	N131 3,6 MW
112	66,7	3,62	180	4,1	815,6	101 787,6	0,801	Exposition modérée	V136 4,2 MW
87	61,7	3,4	150	4	666	70 685,8	0,942	Exposition modérée	V126 3,6 MW

Tableau 35 : Effondrement de l'éolienne – intensité

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

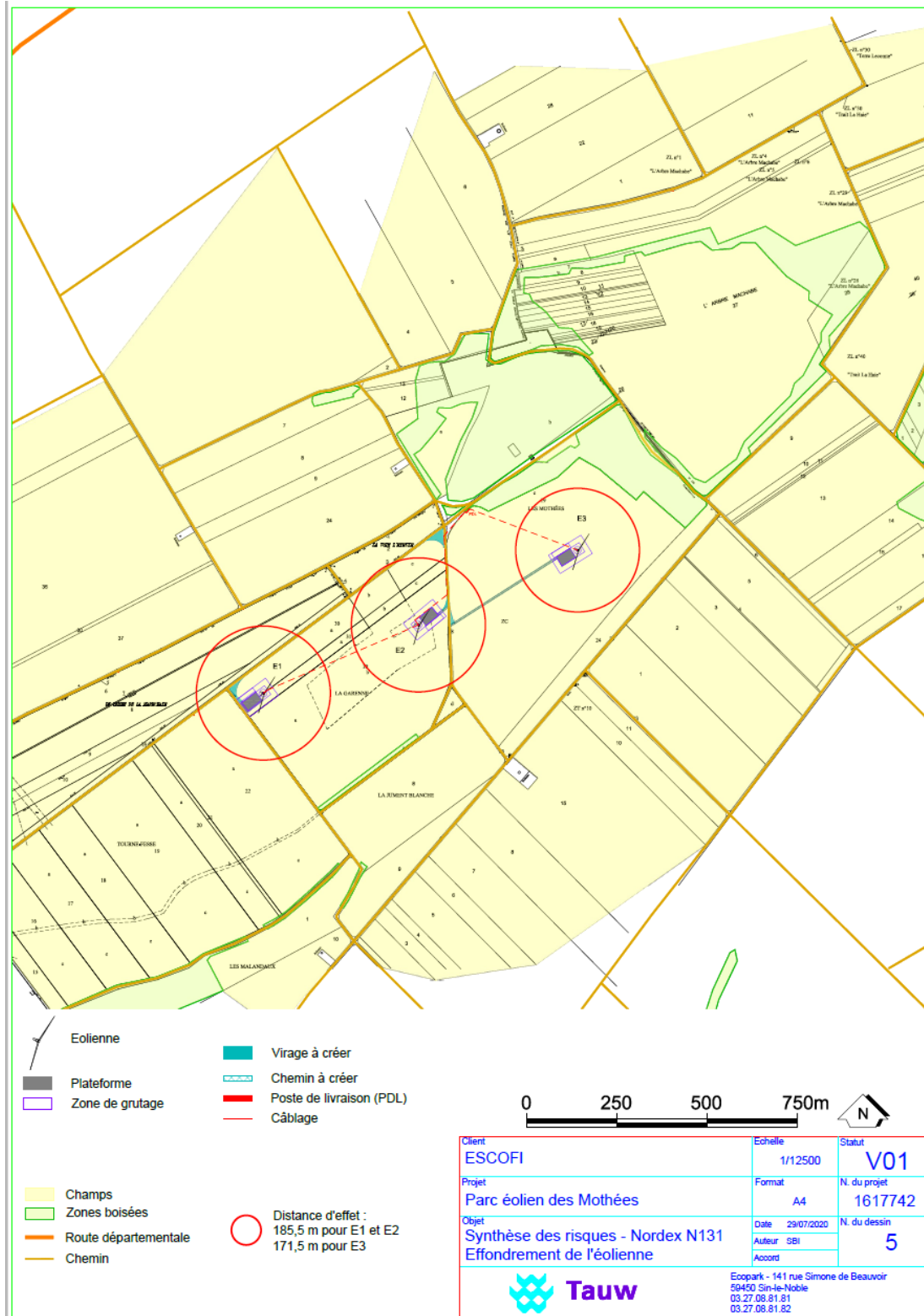


Figure 18 : Effondrement de l'éolienne – carte des distances d'effets – scénario 1

Pièce 5.1 : Etude de dangers

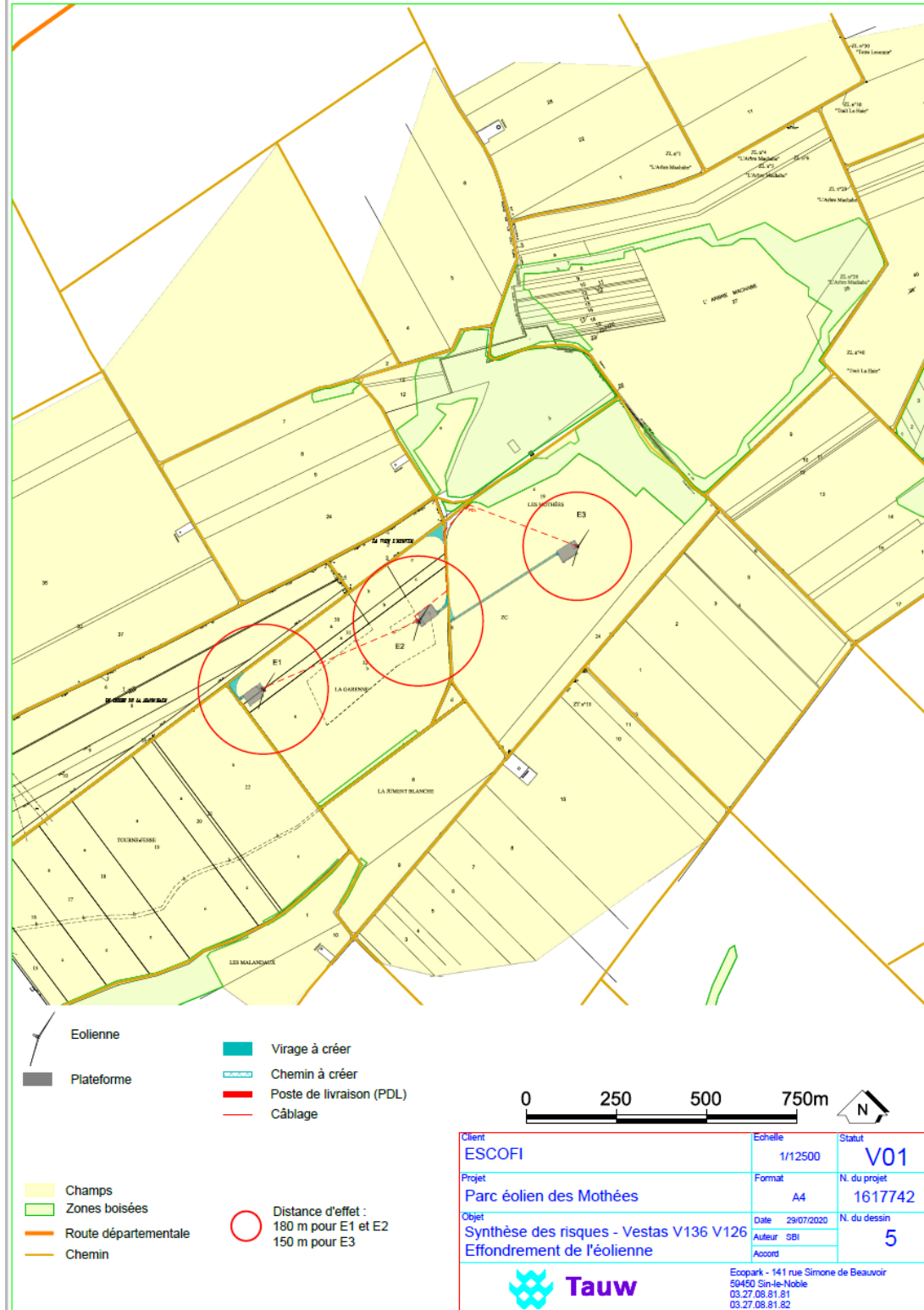


Figure 19 : Effondrement de l'éolienne – carte des distances d'effets – scénario 2

Pièce 5.1 : Etude de dangers

 ➤ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.2.3), 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 de parc éolien des Mothées, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement et la gravité associée :

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		
E1	10,2365	0,1024	0,6205	0,0620	0,1644	Modérée
E2	10,3343	0,1033	0,5227	0,0523	0,1556	Modérée
E3	9,0379	0,0904	0,2022	0,0202	0,1106	Modérée

Tableau 36 : Effondrement de l'éolienne – gravité – scénario 1

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		
E1	9,5913	0,0959	0,5875	0,0588	0,1547	Modérée
E2	9,6923	0,0969	0,4865	0,0486	0,1456	Modérée
E3	6,8839	0,0688	0,1847	0,0185	0,0873	Modérée

Tableau 37 : Effondrement de l'éolienne – gravité – scénario 2

 ➤ **Probabilité**

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

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

Tableau 38 : Effondrement d'une éolienne – probabilité

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.

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.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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 ».

➤ **Acceptabilité**

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

Eolienne	Probabilité	Gravité	Niveau de risque
E1	D	Modérée	Très faible
E2		Modérée	Très faible
E3		Modérée	Très faible

Tableau 39 : Effondrement d'une éolienne - niveau de risque – scénario 1 et scénario 2

Ainsi, pour le projet de parc éolien des Mothées, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.3.2 Chute de glace

➤ 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 de parc éolien des Mothées 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.

➤ Zone d'effet

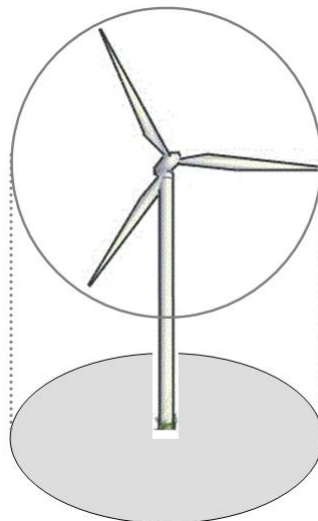


Figure 20 : Chute de glace — Schéma de principe de la distance d'effets

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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 :

Zone d'effet	Scénario 1		Scénario 2	
	N131-3,9MW E1 E2	N131-3,6MW E3	V136-4,2MW E1 E2	V126-3,6MW E3
Chute de glace – moitié du rotor	65,5 m	65,5 m	68 m	63 m

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

➤ **Intensité**

Pour le phénomène de chute de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (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 de parc éolien des Mothées.

Zone d'impact (en m ²)	Distance d'effet (en m)	Zone d'effet en m ²	Degré d'exposition (en %)	Intensité	Modèle
1	65,5	13 471	0,007	Exposition modérée	N131 3,9 MW
1	65,5	13 471	0,007	Exposition modérée	N131 3,6 MW
1	68	14 519	0,007	Exposition modérée	V136 4,2 MW
1	63	12 463	0,008	Exposition modérée	V126 3,6 MW

Tableau 40 : Chute de glace – intensité

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.

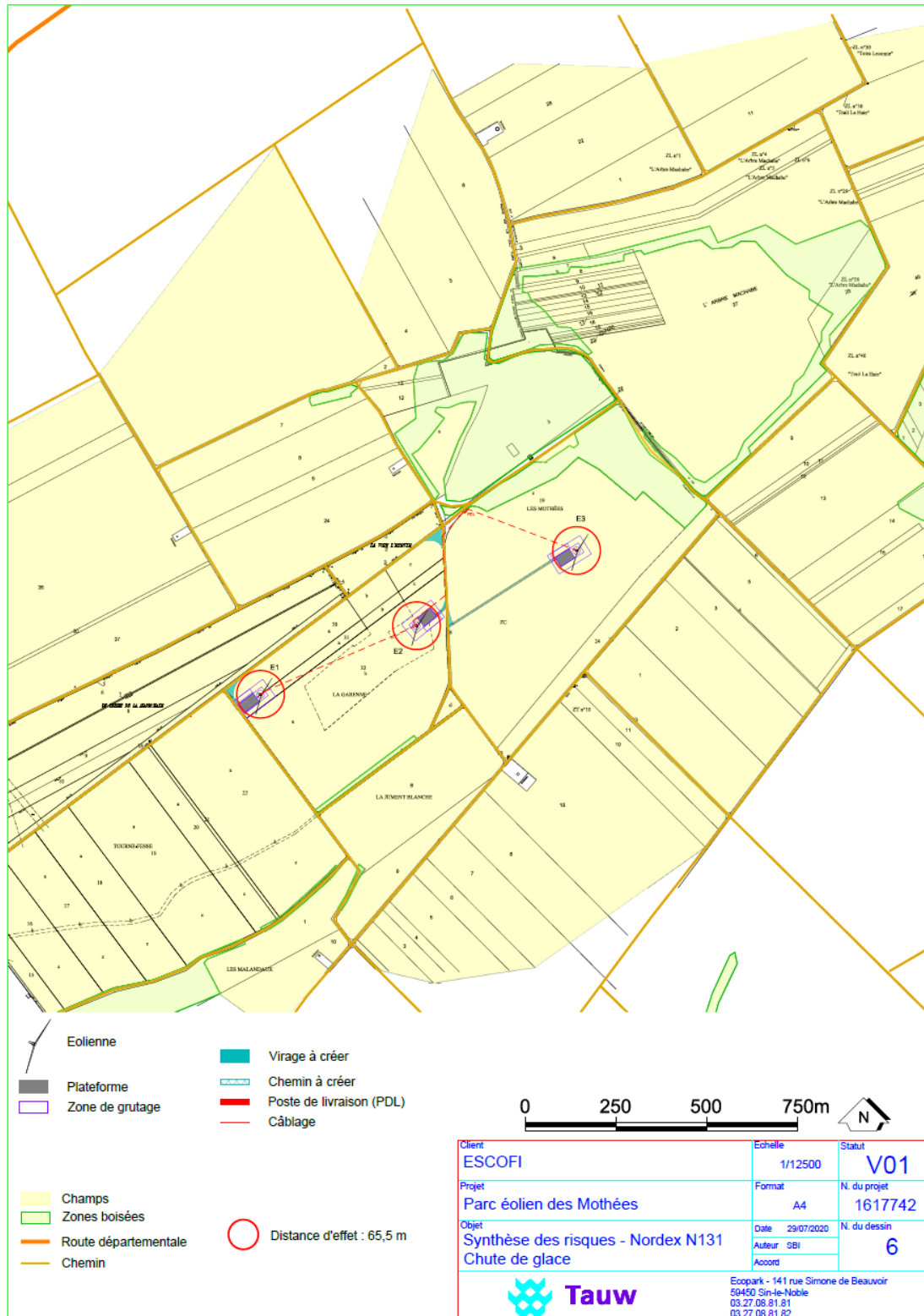
Pièce 5.1 : Etude de dangers


Figure 21 : Chute de glace – carte des distances d'effets – scénario 1

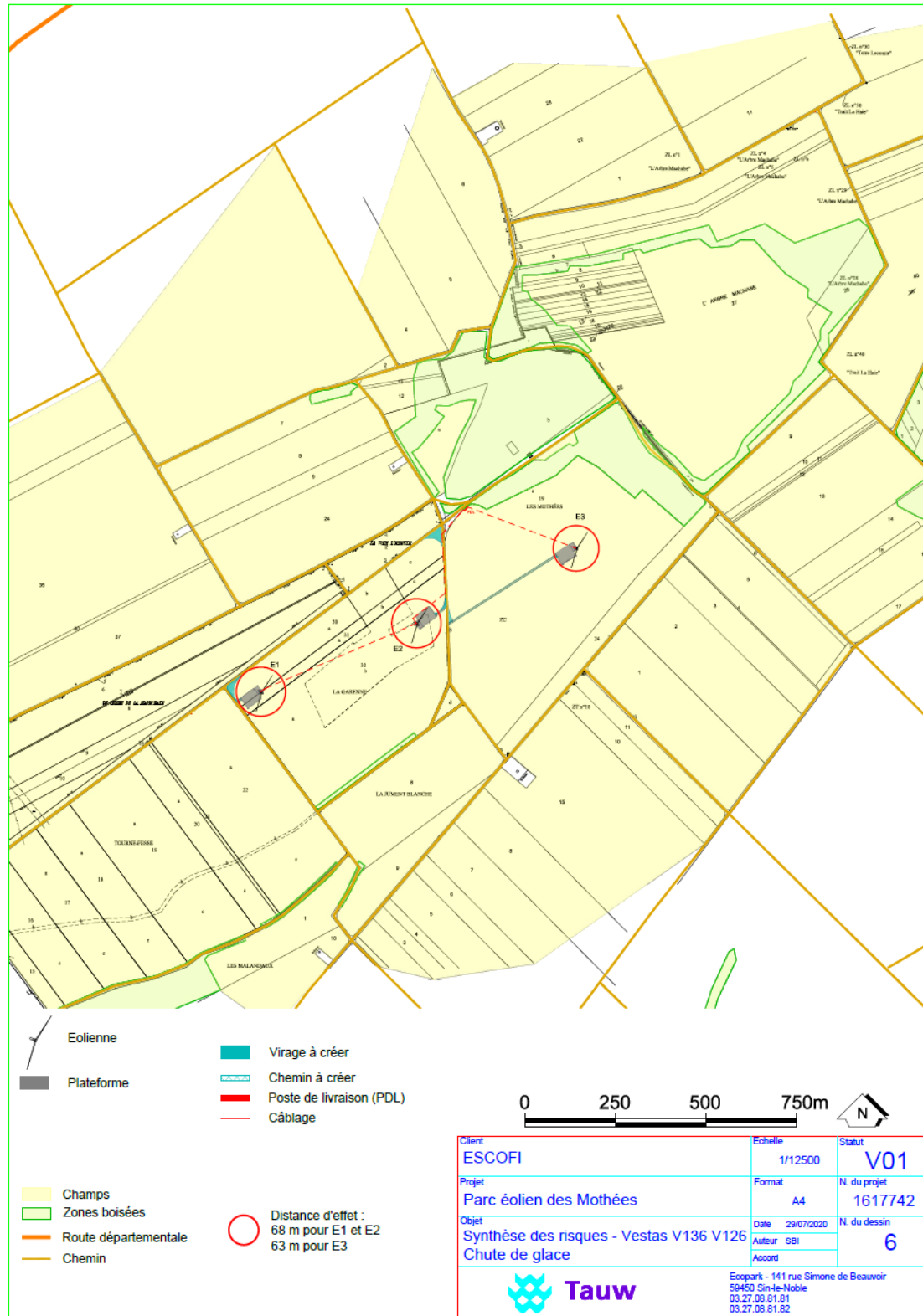
Pièce 5.1 : Etude de dangers


Figure 22 : Chute de glace – carte des distances d'effets – scénario 2

Pièce 5.1 : Etude de dangers

 ➤ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.2.3), 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.

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		
E1	1,2118	0,0121	0,1354	0,0135	0,0257	Modérée
E2	1,2188	0,0122	0,1283	0,0128	0,0250	Modérée
E3	1,2103	0,0121	0,1369	0,0137	0,0258	Modérée

Tableau 41 : Chute de glace – gravité – scénario 1

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		
E1	1,3079	0,0131	0,1440	0,0144	0,0275	Modérée
E2	1,3165	0,0132	0,1354	0,0135	0,0267	Modérée
E3	1,1169	0,0112	0,1293	0,0129	0,0241	Modérée

Tableau 42 : Chute de glace – gravité – scénario 2

 ➤ **Probabilité**

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

 ➤ **Acceptabilité**

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

Chute de glace			
Eolienne	Probabilité	Gravité	Niveau de risque
E1	A	Modérée	Faible
E2		Modérée	Faible
E3		Modérée	Faible

Tableau 43 : Chute de glace – niveau de risque – scénario 1 et scénario 2

Ainsi, pour le projet de parc éolien des Mothées, 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.

9.3.3 Chute d'éléments de l'éolienne

➤ Zone d'effet

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor, soit dans le cas du projet de parc éolien des Mothées :

Zone d'effet	Scénario 1		Scénario 2	
	N131-3,9MW E1 E2	N131-3,6MW E3	V136-4,2MW E1 E2	V126-3,6MW E3
Chute d'éléments de l'éolienne – moitié du rotor	65,5 m	65,5 m	68 m	63 m

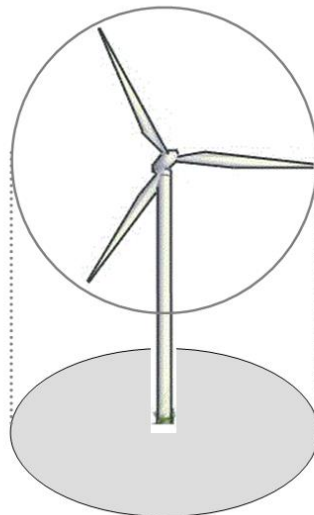


Figure 23 : Chute d'éléments de l'éolienne - Schéma de principe de la distance d'effet

➤ 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).

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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

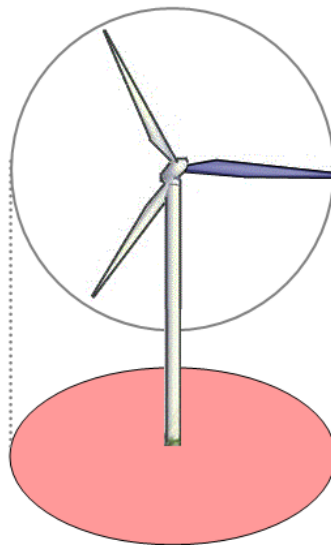


Figure 24 : Chute d'éléments de l'éolienne - intensité

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du projet de parc éolien des Mothées.

Longueur de pale L_p en m	Zone d'impact en m^2	Distance d'effet	Zone d'effet en m^2	Degré d'exposition (en %)	Intensité	Modèle
64,7	126,2	65,5	13 471,4	0,937	Exposition modérée	N131 3,9 MW
64,7	126,2	65,5	13 471,4	0,937	Exposition modérée	N131 3,6 MW
66,7	136,7	68	14 519,4	0,942	Exposition modérée	V136 4,2 MW
61,7	123,4	63	12 462,7	0,990	Exposition modérée	V126 3,6 MW

Tableau 44 : Chute d'éléments de l'éolienne – intensité

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.

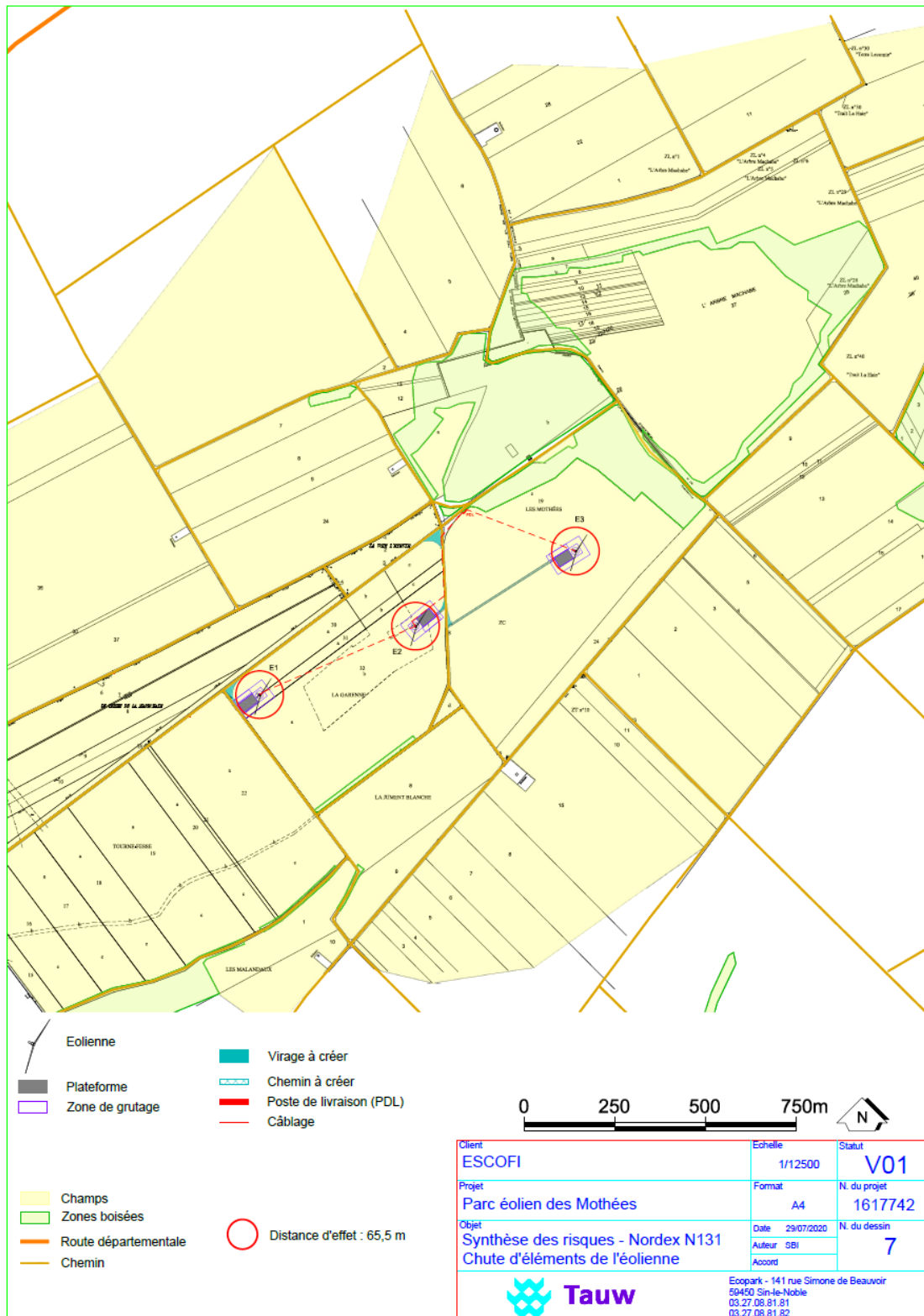
Pièce 5.1 : Etude de dangers


Figure 25 : Chute d'éléments de l'éolienne – carte des distances d'effet – scénario 1

Pièce 5.1 : Etude de dangers

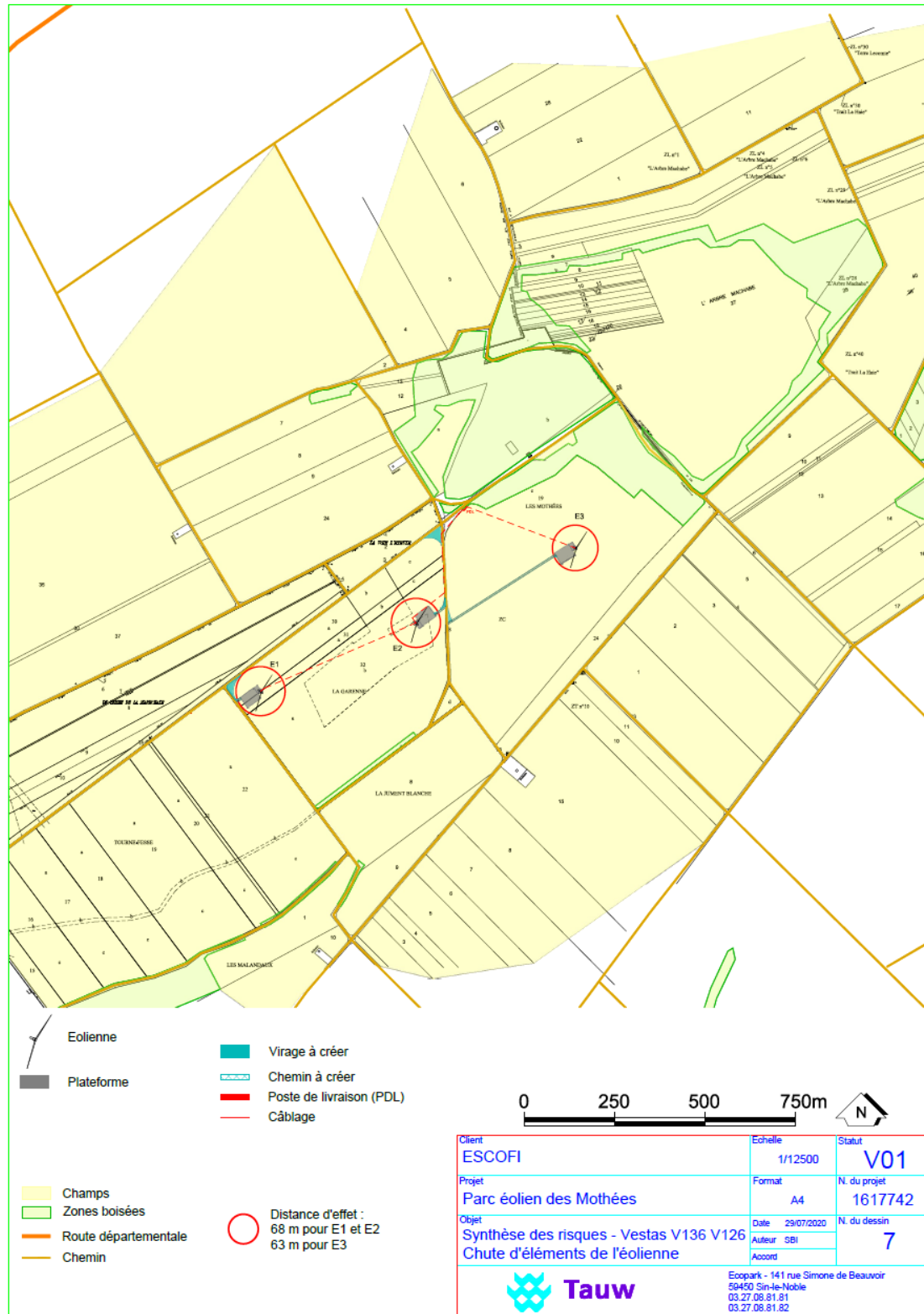


Figure 26 : Chute d'éléments de l'éolienne – carte des distances d'effet – scénario 2

Pièce 5.1 : Etude de dangers

 ➤ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.2.3), 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.

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		
E1	1,2118	0,0121	0,1354	0,0135	0,0257	Modérée
E2	1,2188	0,0122	0,1283	0,0128	0,0250	Modérée
E3	1,2103	0,0121	0,1369	0,0137	0,0258	Modérée

Tableau 45 : Chute d'éléments de l'éolienne – gravité – scénario 1

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		
E1	1,3079	0,0131	0,1440	0,0144	0,0275	Modérée
E2	1,3165	0,0132	0,1354	0,0135	0,0267	Modérée
E3	1,1169	0,0112	0,1293	0,0129	0,0241	Modérée

Tableau 46 : Chute d'éléments de l'éolienne – gravité – scénario 2

 ➤ **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.

➤ Acceptabilité

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

Chute d'éléments de l'éolienne			
Eolienne	Probabilité	Gravité	Niveau de risque
E1	C	Modérée	Très faible
E2		Modérée	Très faible
E3		Modérée	Très faible

Tableau 47 : Chute d'éléments de l'éolienne – niveau de risque – scénario 1 et scénario 2

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

9.3.4 Projection de pales ou de fragments de pales

➤ 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.

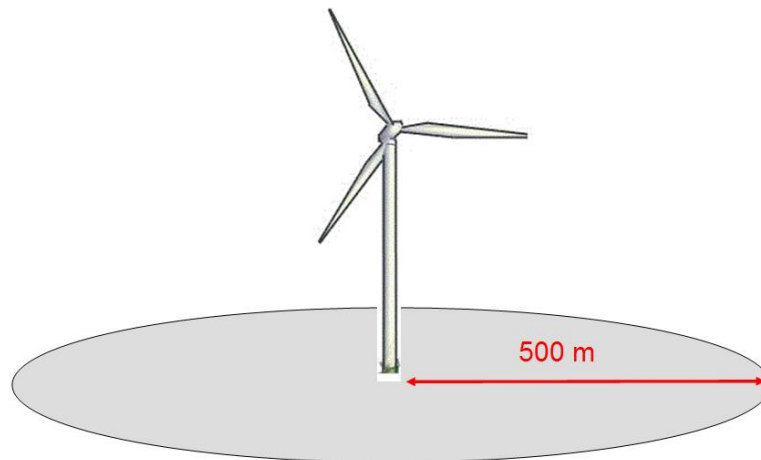


Figure 27 : Projection de pales ou de fragments de pale -- Schéma de principe de la distance d'effet

➤ 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) :

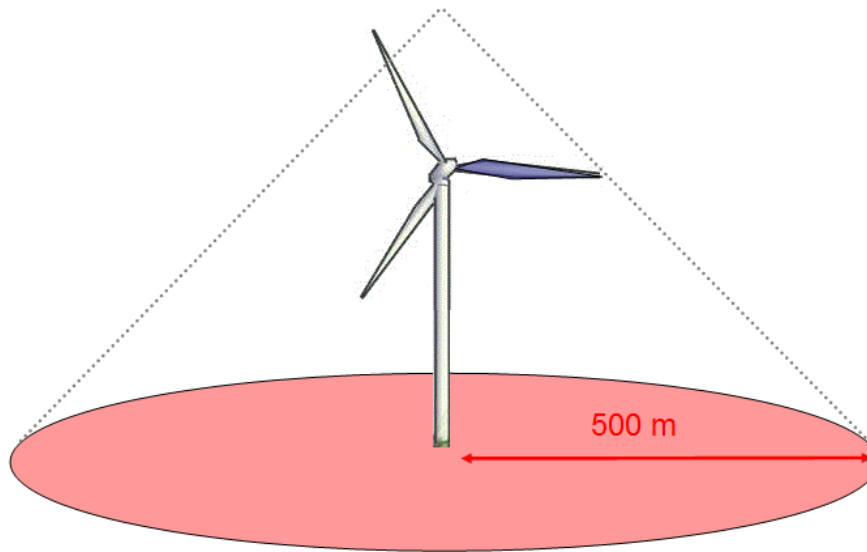
Pièce 5.1 : Etude de dangers


Figure 28 : 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 de parc éolien des Mothées.

Longueur de pale L_p	Zone d'impact	Distance d'effet	Zone d'effet en m^2	Degré d'exposition	Intensité	Modèle
64,7	126,2	500	785 398	0.016	Exposition modérée	N131 3,9 MW
64,7	126,2	500	785 398	0.016	Exposition modérée	N131 3,6 MW
61,7	123,4	500	785 398	0,016	Exposition modérée	V136 4,2 MW
66,7	136,7	500	785 398	0,017	Exposition modérée	V126 3,6 MW

Tableau 48 : Projection de pales ou de fragments de pale – intensité

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.

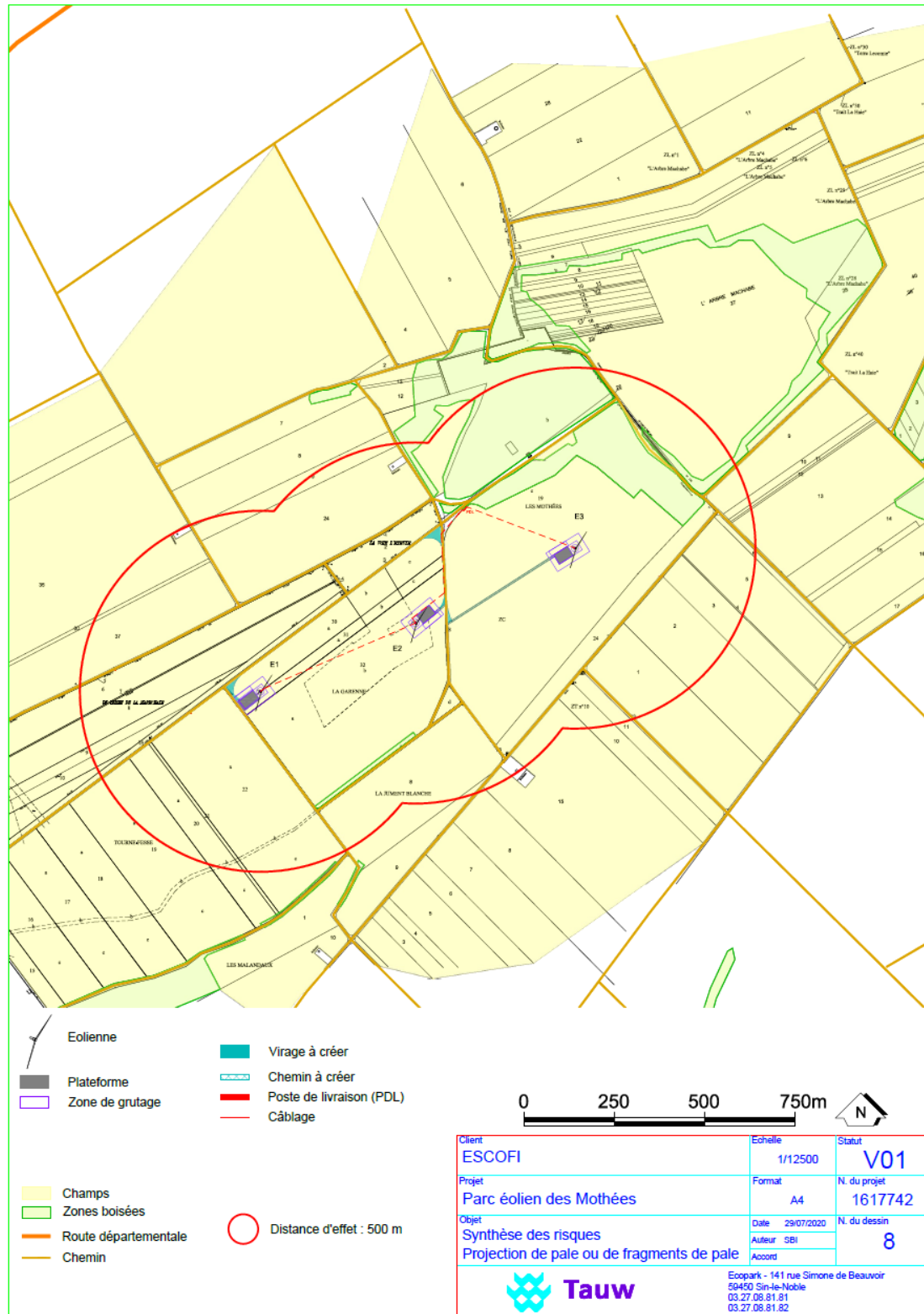
Pièce 5.1 : Etude de dangers


Figure 29 : Projection de pales ou de fragments de pale – carte des distances d'effets – scénario 1 et scénario 2

Pièce 5.1 : Etude de dangers

 ➤ **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.

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		
E1	76,2005	0,7620	2,3393	0,2339	0,9959	Modérée
E2	75,5707	0,7557	2,9691	0,2969	1,0526	Sérieuse
E3	75,4980	0,7550	3,0418	0,3042	1,0592	Sérieuse

Tableau 49 : Projection de pales ou de fragments de pale – gravité - scénario 1 et scénario 2

 ➤ **Probabilité**

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

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

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

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

Pièce 5.1 : Etude de dangers

- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique
- utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.)

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

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

➤ **Acceptabilité**

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

Projection de pale ou de fragment de pale			
Eolienne	Probabilité	Gravité	Niveau de risque
E1	D	Modérée	Très faible
E2		Sérieuse	Très faible
E3		Sérieuse	Très faible

Tableau 51 : Projection de pales ou de fragments de pale – niveau de risque – scénario 1 et scénario 2

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

9.3.5 Projection de glace

➤ Zone d'effet

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

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

Zone d'effet	Scénario 1		Scénario 2	
	N131-3,9MW E1 E2	N131-3,6MW E3	V136-4,2MW E1 E2	V126-3,6MW E3
Projection de glace – 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor)	376,5 m	355,5 m	372 m	319,5 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.

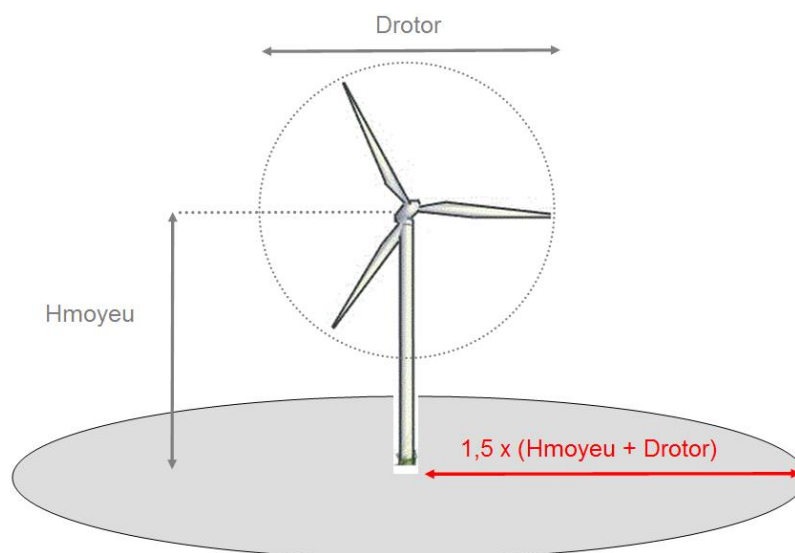


Figure 30 : Projection de glace — Schéma de principe de la distance d'effet

Pièce 5.1 : Etude de dangers

 ➤ **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 :

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

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 de parc éolien des Mothées.

Zone d'impact	Distance d'effet	Zone d'effet en m ²	Degré d'exposition	Intensité	Modèle
1	376,5	445 328	0,000225	Exposition modérée	N131 3,9 MW
1	355,5	397 035	0,000252	Exposition modérée	N131 3,6 MW
1	372	434 746	0,000230	Exposition modérée	V136 4,2 MW
1	319,5	320 695	0,000312	Exposition modérée	V126 3,6 MW

Tableau 52 : Projection de glace – intensité

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

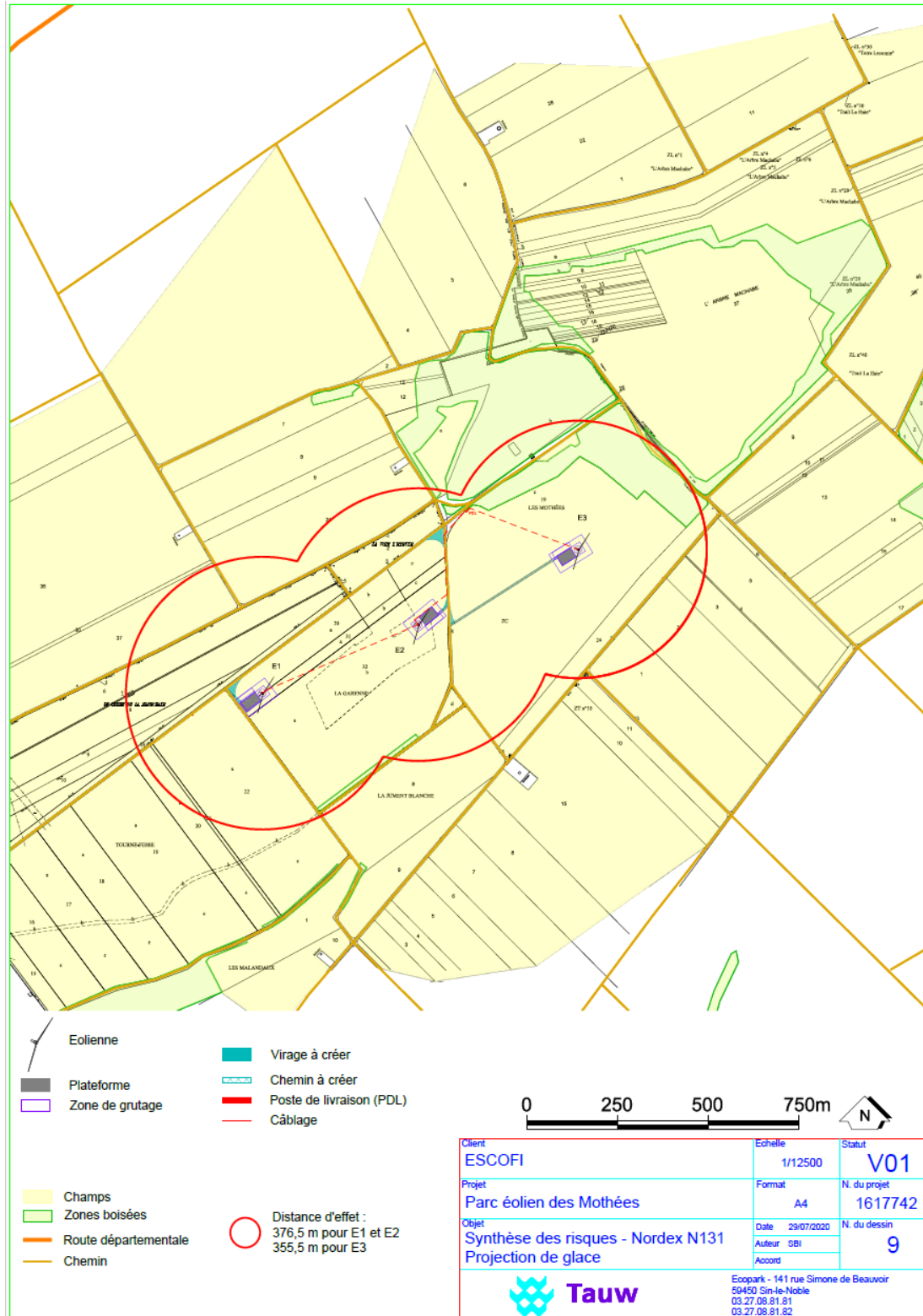
Pièce 5.1 : Etude de dangers


Figure 31 : Projection de morceaux de glace – carte des distances d'effets – scénario 1

Pièce 5.1 : Etude de dangers

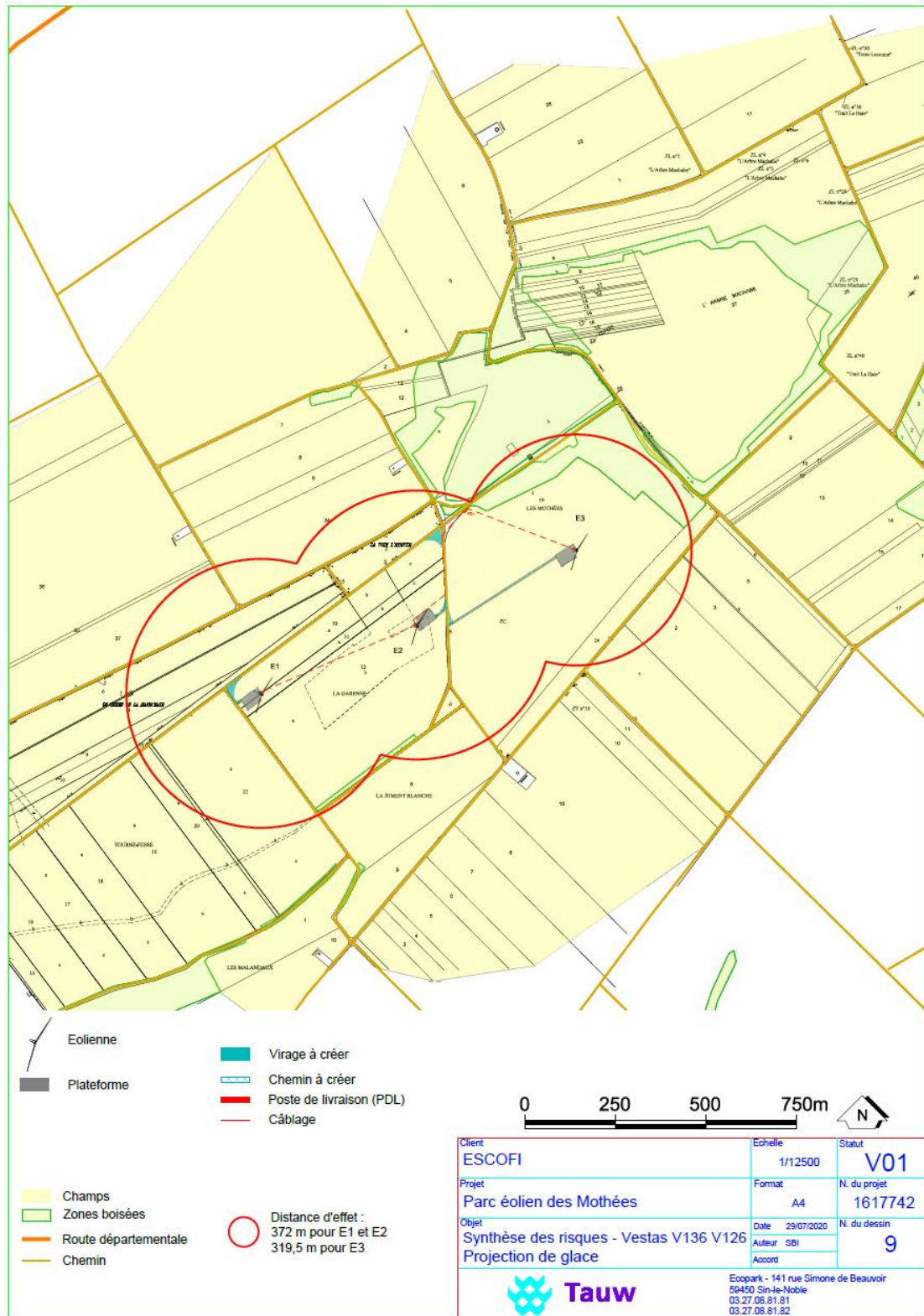


Figure 32 : Projection de morceaux de glace – carte des distances d'effets – scénario 2

Pièce 5.1 : Etude de dangers

 ➤ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 9.2.3, 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.

Les tableaux suivants indiquent, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de glace et la gravité associée :

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		
E1	42,9425	0,4294	1,5903	0,1590	0,5885	Modérée
E2	42,6784	0,4268	1,8544	0,1854	0,6122	Modérée
E3	38,5980	0,3860	1,1055	0,1105	0,4965	Modérée

Tableau 53 : Projection de glace – gravité – scénario 1

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		
E1	41,8777	0,4188	1,5969	0,1597	0,5785	Modérée
E2	41,5525	0,4155	1,9222	0,1922	0,6077	Modérée
E3	31,3305	0,3133	0,7389	0,0739	0,3872	Modérée

Tableau 54 : Projection de glace – gravité – scénario 2

 ➤ **Probabilité**

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

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

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

➤ **Acceptabilité**

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

Projection de morceaux de glace			
Eolienne	Probabilité	Gravité	Niveau de risque
E1	B	Modérée	Très faible
E2		Modérée	Très faible
E3		Modérée	Très faible

Tableau 55 : Projection de glace – niveau de risque – scénario 1 et scénario 2

Ainsi, pour le projet de parc éolien des Mothées, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.4 Synthèse de l'étude détaillée des risques

9.4.1 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 :

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	185,9 mètres maximum autour de E1 et E2 171,5 mètres maximum autour de E3 180 mètres maximum autour de E1 et E2 150 mètres maximum autour de E3	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée
Chute d'éléments de l'éolienne	65,5 mètres maximum autour de E1, E2 et E3 68 mètres maximum autour de E1 et E2 63 mètres maximum E3	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée
Chute de glace	65,5 mètres maximum autour de E1, E2 et E3 68 mètres maximum autour de E1 et E2 63 mètres maximum E3	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée pour E1 Sérieuse pour E2 et E3
Projection de pale	500 mètres autour de chaque éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieuse
Projection de glace	376,5 mètres maximum autour de E1 et E2 355,5 mètres maximum autour de E3 372 mètres maximum autour de E1 et E2 319,5 mètres maximum autour de E3	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée

Tableau 56 : Résultat de l'étude détaillée des risques

9.4.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

Pour conclure à l'acceptabilité, la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 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 57 : Matrice d'acceptabilité des risques

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Projection de pale pour E2 et E3			
Modéré		Effondrement de l'éolienne Projection de pale pour E1	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 pour les deux scénarii. L'ensemble des risques sont faibles ou très faibles et donc acceptables.

9.4.3 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

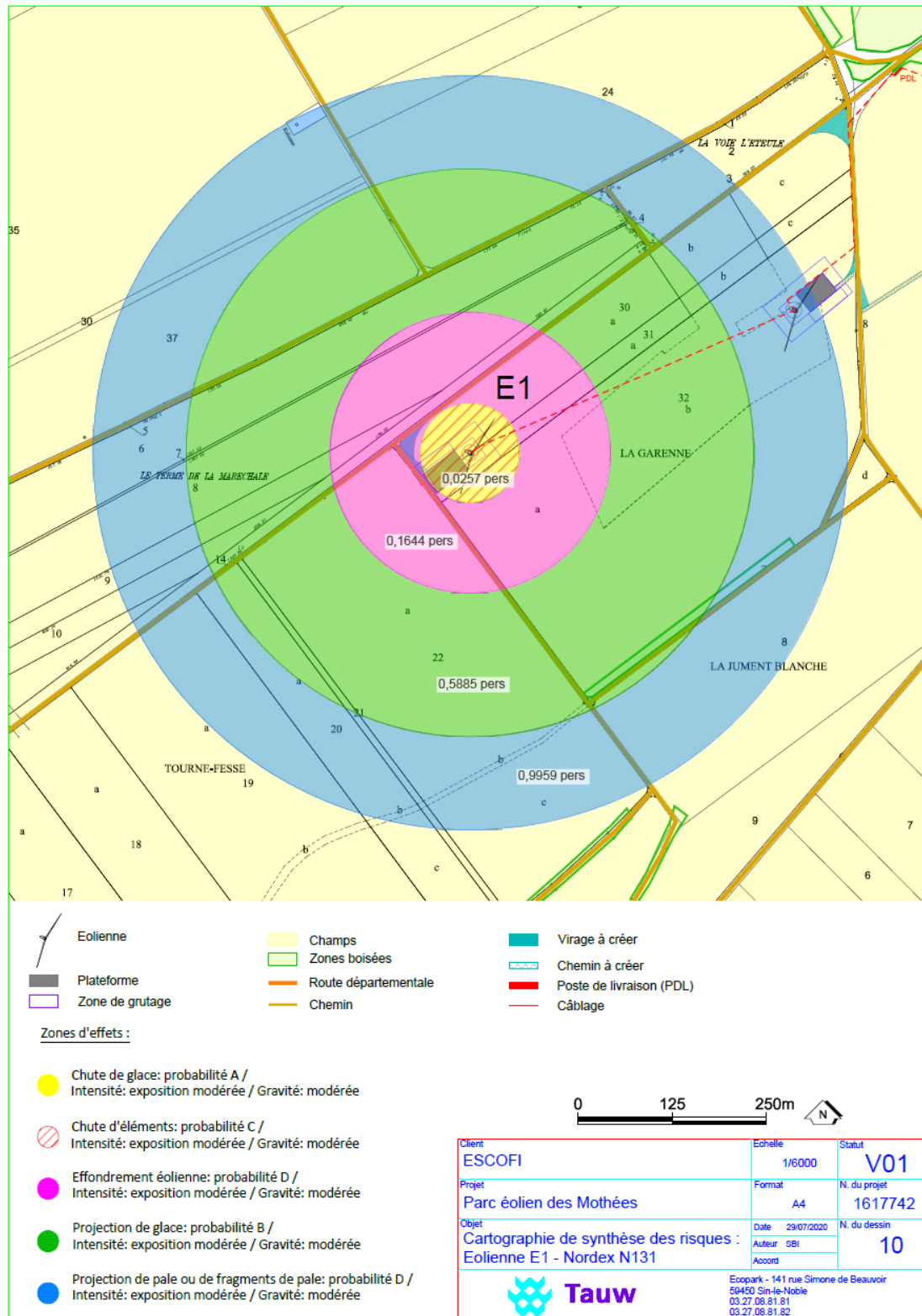


Figure 33 : Cartographie de synthèse des risques – E1 –scénario 1

Pièce 5.1 : Etude de dangers



Figure 34 : Cartographie de synthèse des risques – E1 –scénario 2

Pièce 5.1 : Etude de dangers

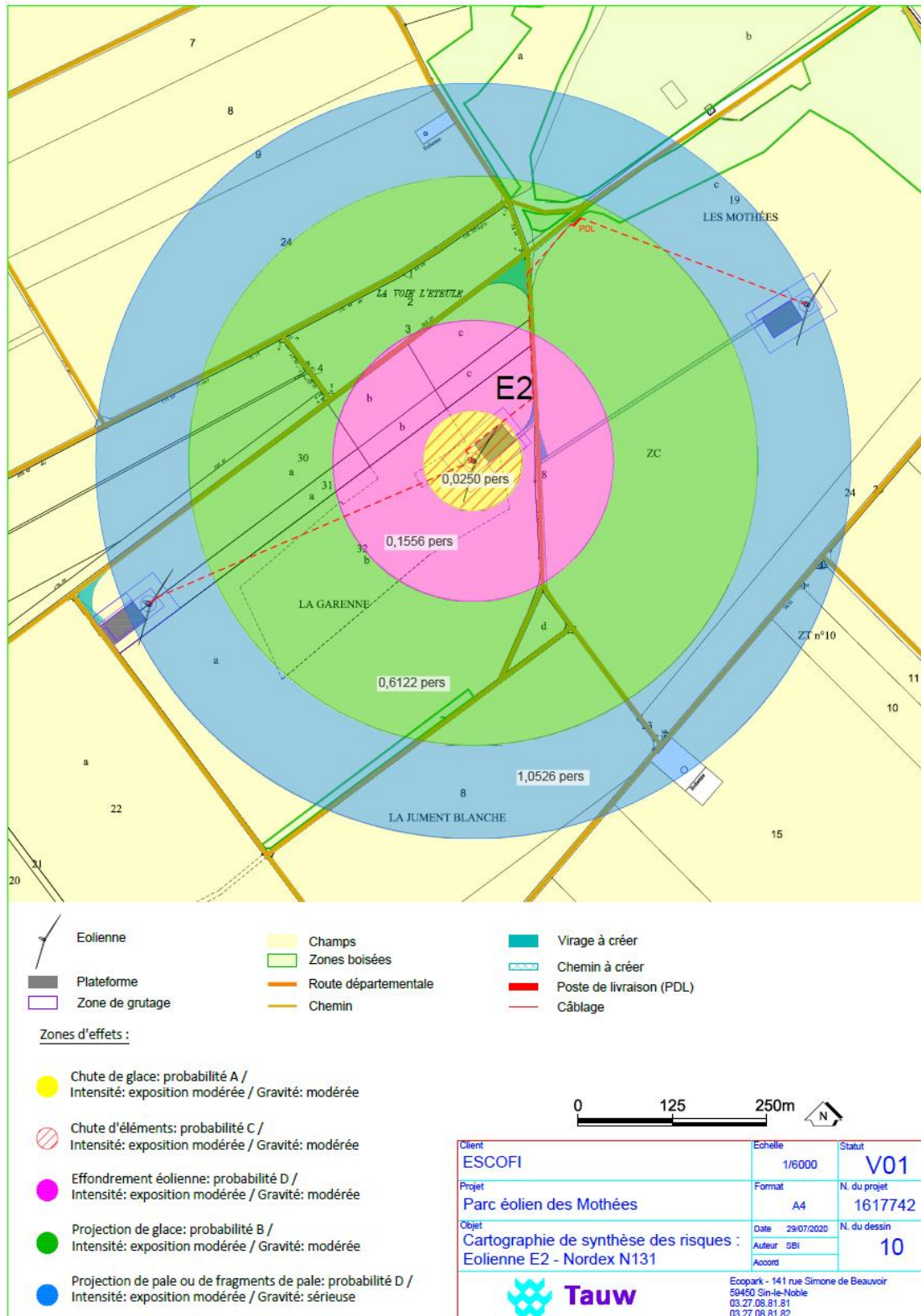


Figure 35 : Cartographie de synthèse des risques – E2 –scénario 1

Pièce 5.1 : Etude de dangers

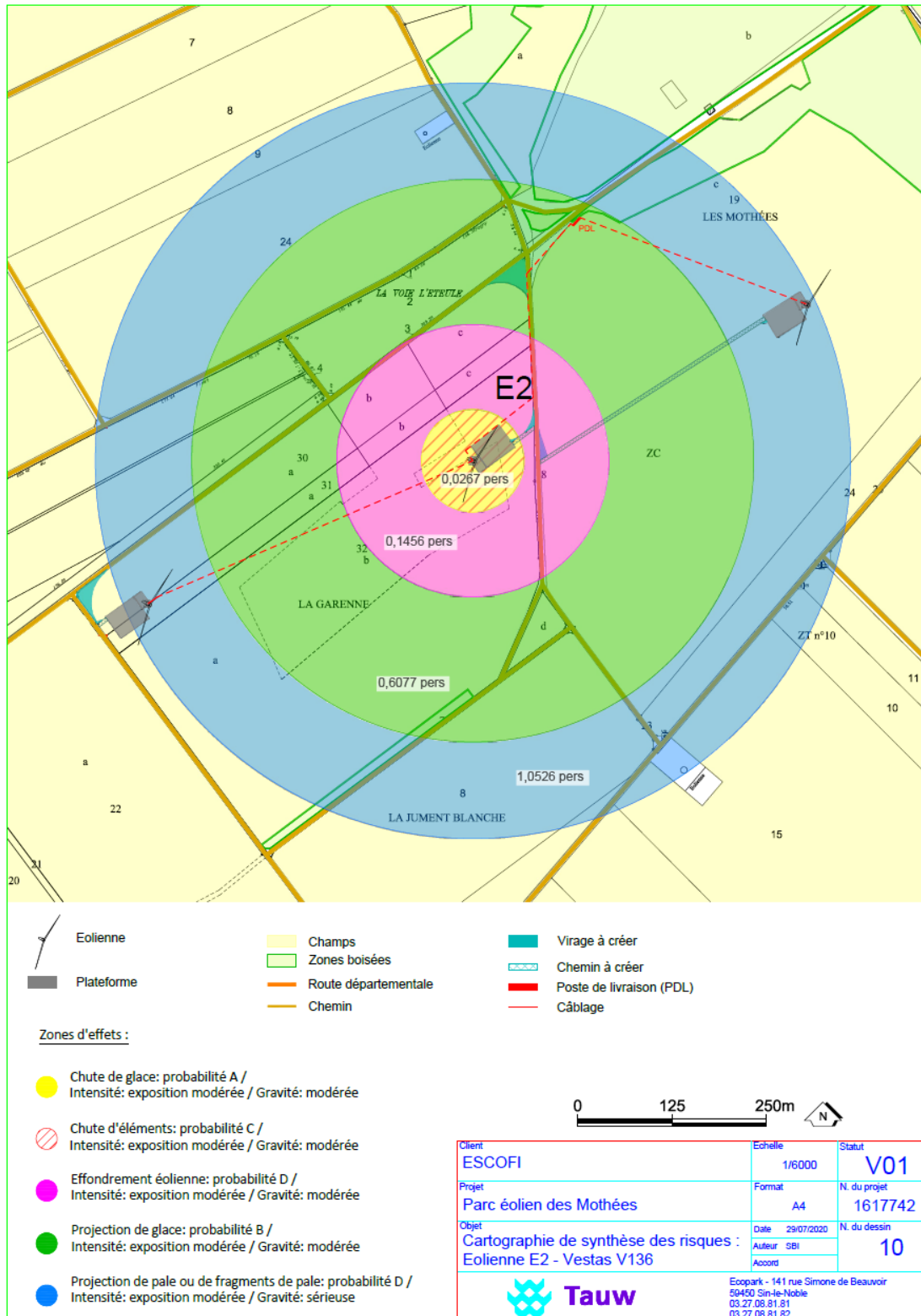


Figure 36 : Cartographie de synthèse des risques – E2 – scénario 2

Pièce 5.1 : Etude de dangers

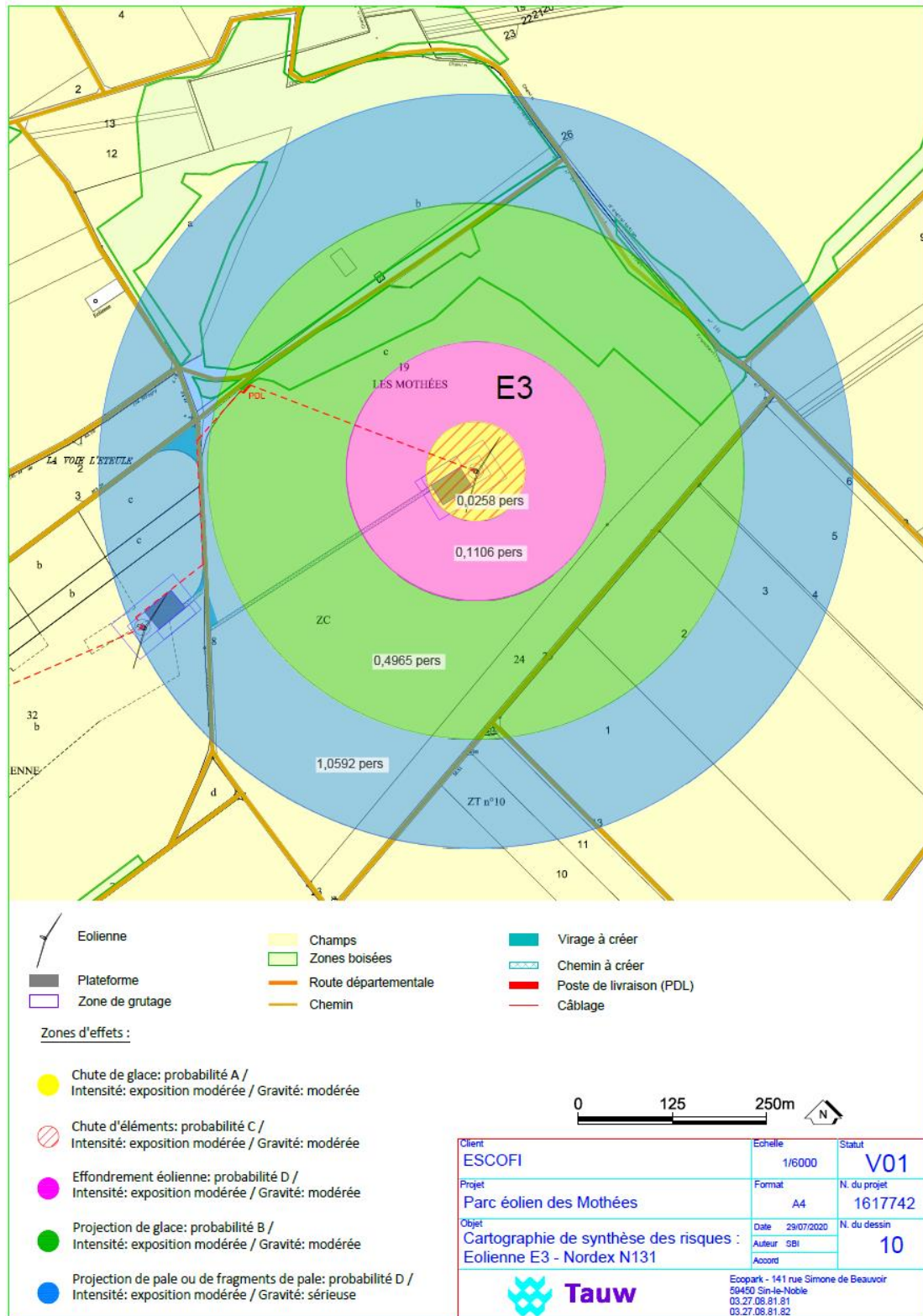


Figure 37 : Cartographie de synthèse des risques – E3 –scénario 1

Pièce 5.1 : Etude de dangers

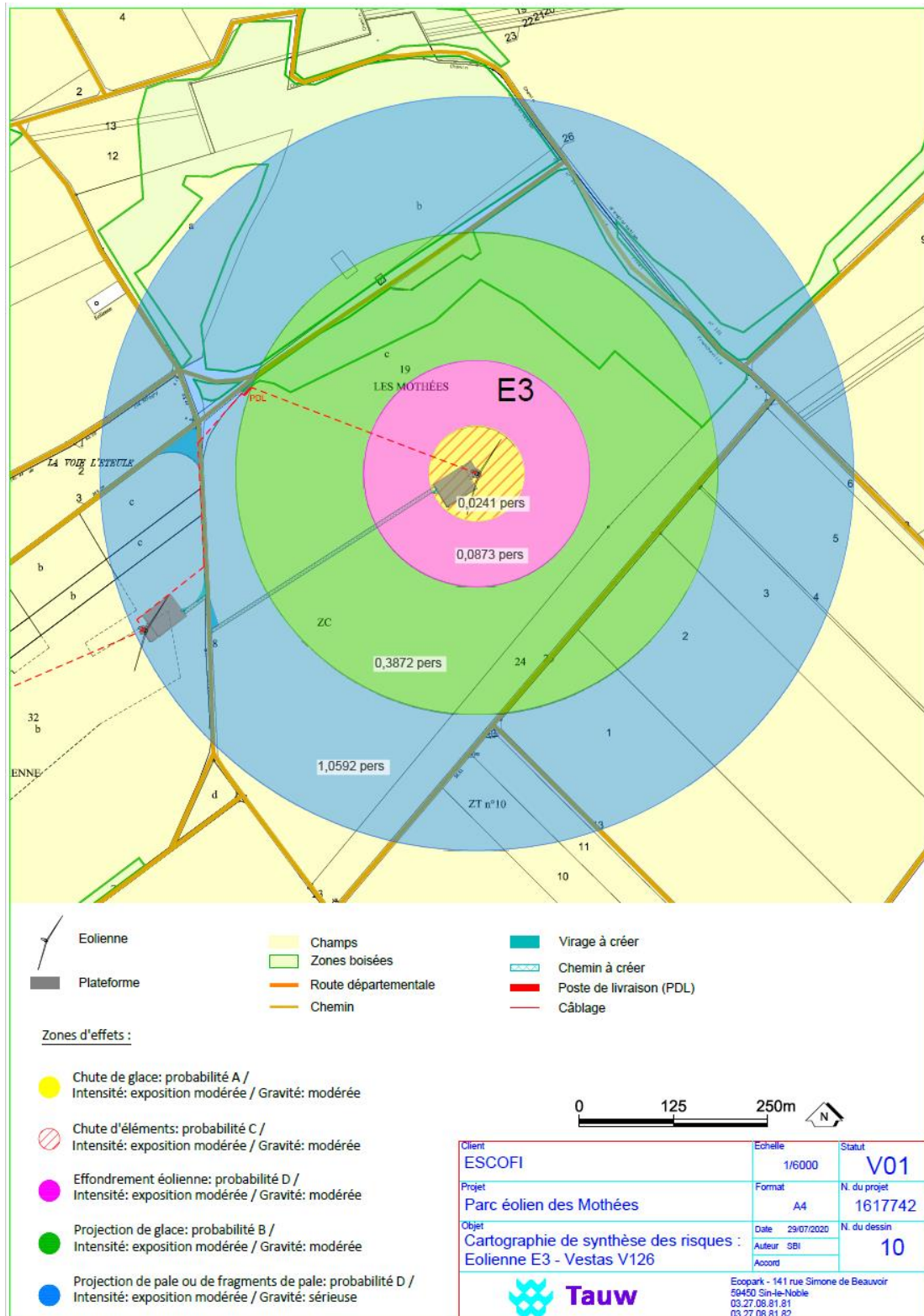


Figure 38 : Cartographie de synthèse des risques – E3 –scénario 2

10 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 pour les deux scénarii étudiés.

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

11 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 mises à l'abri. La cinétique est rapide dans le cas contraire.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Phénomène dangereux : Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005, susceptibles d'infliger un dommage à des enjeux (ou éléments

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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 REFERENCES UTILISEES

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

Pièce 5.1 : Etude de dangers

[16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004

[17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003

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

Annexe

3

METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE

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.

Pièce 5.1 : Etude de dangers

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 – FILIERE EOLIENNE

Pièce Pièce 5.1 : Etude de dangers

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 retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 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	-

Pièce Pièce 5.1 : Etude de dangers

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 évolué 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 m² 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

Pièce Pièce 5.1 : Etude de dangers

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 décollage 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

SCENARII GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE 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'emballlement du rotor (survitesse). Plusieurs moyens sont mis en place en matière de prévention :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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, ...