

Demande d'Autorisation d'Exploiter

Objet du dossier :
Projet d'implantation
Parc éolien d'ANGRIE
Commune d'ANGRIE (49)

Contact :
Guillaume MARCAIS
SYSCOM
ZA des Métairies - Nivillac
56130 LA ROCHE-BERNARD

ETUDE DE DANGERS

- JUILLET 2014 -

Mise à jour Décembre 2016

Rubrique des activités soumises à autorisation au titre de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement :

2980

Etude réalisée par :



IMPACT ET ENVIRONNEMENT

2 Rue Amédéo Avogadro
49070 BEAUCOUZE
Tél. 02.41.72.14.16
Fax : 02.41.72.14.18

contact@impact-environnement.fr
<http://www.impact-environnement.fr>

Suivi du document

Maitrise des enregistrements / Référence du document :

Référence	Versions
Code affaire_nom_type_version.format 000274_SYSCOM_ANGRIE_EDD_v2.docx	<i>Versions < 1 (0.1, 0.2 , ...) versions de travail</i> <i>Version 1 : version du document à déposer</i> <i>Versions >1 : modifications ultérieures du document</i>

Evolutions du document :

Version	Date	Rédacteur	Vérificateur	Modifications
0.1	10/02/2012	OVH CJ	GM AT	Création du document
0.2	07/07/2014	CJ	GM AT	Modifications diverses
1	23/07/2014	CJ	GM AT	
2	20/12/2016	CJ	GM AT	Complétude

Intervenants :

		Initiales	Société
Rédacteur (s) du document :	<i>Océane VAN-HOOREBEKE</i> <i>Camille JEANNEAU</i>	OVH CJ	IMPACT ET ENVIRONNEMENT
Vérificateur (s) :	<i>Guillaume MARCAIS</i>	GM	SYSCOM
	<i>Aubry TANDE</i>	AT	SYSCOM

Ce dossier constitue un tout, un ensemble. En conséquence toute information prise hors de son contexte peut devenir erronée, partielle ou partielle. Ce document, rédigé par IMPACT ET ENVIRONNEMENT, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation.

INTRODUCTION – PRESENTATION DU DOCUMENT

L'objet de ce document est de présenter une partie des pièces constitutives du dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter (DAE) de la **Société d'Exploitation Eolienne ANGRIE** définies aux articles R. 512-2 à R. 512-10 du Code de l'Environnement, à savoir : l'étude de dangers.

En effet, la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (loi Grenelle II) a soumis les éoliennes au régime d'autorisation au titre de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Conformément à cette nouvelle réglementation, les exploitants sont notamment amenés à formaliser leur savoir-faire en matière de maîtrise des risques dans une étude de dangers.

Dans ce cadre, un guide technique a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS (Institut national de l'environnement industriel et risques) et de professionnels du Syndicat des énergies renouvelables : porteurs de projets, exploitants de parcs éoliens et constructeurs d'éoliennes. Compte tenu de la technologie mise en œuvre dans les parcs éoliens, il apparaissait effectivement possible et souhaitable de traiter cette analyse de manière générique, afin de pouvoir transcrire les résultats présentés dans ce guide à l'ensemble des parcs éoliens installés en France.

L'INERIS a validé la méthodologie, au regard de la réglementation en vigueur et des pratiques actuelles en matière d'étude de dangers dans les autres installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

Ainsi, l'étude de dangers réalisée pour la **Société d'Exploitation Eolienne ANGRIE** s'appuie sur ce guide technique, reflet de l'état de l'art en matière de maîtrise des risques technologiques, en reprenant la trame type qui y est présentée.

Les autres pièces constitutives du dossier DAE sont présentées indépendamment :

- l'étude d'impact et la présentation du demandeur,
- le résumé non-technique de l'étude d'impact,
- le résumé non-technique de l'étude de dangers,
- la notice d'hygiène et de sécurité,
- les plans réglementaires.

SOMMAIRE

I.	PREAMBULE	9
I.1.	Objectif de l'étude de dangers	9
I.2.	Contexte législatif et réglementaire	9
I.3.	Nomenclature des installations classées	10
II.	INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	11
II.1.	Renseignements administratifs	11
II.2.	Localisation du site	11
II.3.	Définition de l'aire d'étude.....	12
III.	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	15
III.1.	Environnement humain	15
III.1.1.	<i>Zones urbanisées</i>	15
III.1.2.	<i>Etablissements recevant du public (ERP)</i>	16
III.1.3.	<i>Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base</i>	16
III.1.4.	<i>Autres activités</i>	16
III.2.	Environnement naturel	16
III.2.1.	<i>Contexte climatique</i>	16
III.2.2.	<i>Risques naturels</i>	18
III.3.	Environnement matériel.....	21
III.3.1.	<i>Voies de communication</i>	21
III.3.2.	<i>Réseaux publics et privés</i>	21
III.3.3.	<i>Autres ouvrages publics</i>	22
III.4.	Cartographie de synthèse.....	22
IV.	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	30
IV.1.	Caractéristiques de l'installation	30
IV.1.1.	<i>Caractéristiques générales d'un parc éolien</i>	30
IV.1.2.	<i>Activité de l'installation</i>	32
IV.1.3.	<i>Composition de l'installation</i>	32
IV.2.	Fonctionnement de l'installation.....	37
IV.2.1.	<i>Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur</i>	37
IV.2.2.	<i>Sécurité de l'installation</i>	38
IV.2.3.	<i>Opérations de maintenance de l'installation</i>	42
IV.2.4.	<i>Stockage et flux de produits dangereux</i>	44
IV.3.	Fonctionnement des réseaux de l'installation.....	45
IV.3.1.	<i>Raccordement électrique</i>	45
IV.3.2.	<i>Autres réseaux</i>	46
V.	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	46
V.1.	Potentils de dangers liés aux produits.....	46

V.2.	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	49
V.3.	Réduction des potentiels de dangers à la source	49
V.3.1.	<i>Principales actions préventives</i>	49
V.3.2.	<i>Utilisation des meilleures techniques disponibles</i>	50
VI.	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	51
VI.1.	Inventaire des accidents et incidents en France	51
VI.2.	Inventaire des accidents et incidents à l'international.....	52
VI.3.	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	54
VI.3.1.	<i>Analyse de l'évolution des accidents en France</i>	54
VI.3.2.	<i>Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents</i>	55
VI.4.	Limites d'utilisation de l'accidentologie	55
VII.	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	56
VII.1.	Objectif de l'analyse préliminaire des risques.....	56
VII.2.	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....	56
VII.3.	Recensement des agressions externes potentielles.....	56
VII.3.1.	<i>Agression externes liées aux activités humaines</i>	57
VII.3.2.	<i>Agressions externes liées aux phénomènes naturels</i>	57
VII.4.	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	58
VII.5.	Effets dominos.....	61
VII.6.	Mise en place des mesures de sécurité	63
VII.7.	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	71
VIII.	ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	72
VIII.1.	Rappel des définitions	72
VIII.1.1.	<i>Cinétique</i>	72
VIII.1.2.	<i>Intensité</i>	72
VIII.1.3.	<i>Gravité</i>	73
VIII.1.4.	<i>Probabilité</i>	73
VIII.2.	Caractérisation des scénarios retenus.....	75
VIII.2.1.	<i>Effondrement de l'éolienne</i>	75
VIII.2.2.	<i>Chute de glace</i>	77
VIII.2.3.	<i>Chute d'éléments de l'éolienne</i>	79
VIII.2.4.	<i>Projection de pales ou de fragments de pales</i>	81
VIII.2.5.	<i>Projection de glace</i>	84
VIII.3.	Synthèse de l'étude détaillée des risques	87
VIII.3.1.	<i>Tableaux de synthèse des scénarios étudiés</i>	87
VIII.3.2.	<i>Synthèse de l'acceptabilité des risques</i>	88
VIII.3.3.	<i>Cartographie des risques</i>	88
IX.	CONCLUSION	94
	Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne	95

<i>Terrains non bâtis</i>	95
<i>Voies de circulation</i>	95
<i>Logements</i>	96
<i>Etablissements recevant du public (ERP)</i>	96
<i>Zones d'activité</i>	97
Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française	98
Annexe 3 – Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques	104
<i>Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)</i>	104
<i>Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)</i>	104
<i>Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)</i>	105
<i>Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)</i>	106
<i>Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)</i>	106
<i>Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)</i>	107
Annexe 4 – Probabilité d'atteinte et Risque individuel	108
Annexe 5 – Courrier réponse GRT Gaz	109
Annexe 6 – Procédures de sécurité	113
Annexe 7 –Courriers servitudes radars	124
Annexe 8 – Recensement accidents ARIA	129
Annexe 9 –Glossaire	131
Annexe 10 – Bibliographie et références utilisées	135
ANNEXE 11 – DETAILS CALCULS EDD	136

Tables des illustrations

- FIGURE :

Figure 1 : Aire de l'étude de dangers	13
Figure 2 : Carte des habitations et zones d'habitations les plus proches	15
Figure 3 : Normales mensuelles des précipitations à Angers (Source : Météo-France).....	16
Figure 4 : Normales mensuelles des températures minimales et maximales à Angers (Source : Météo-France) 17	
Figure 5 : Roses des vents à Angers (Source : Météo-France)	17
Figure 6 : Risque de mouvement de terrain sur la zone du projet (Source : BRGM)	19
Figure 7 : Extrait de l'Atlas des Zones Inondables de l'Erdre (Source : Préfecture Loire-Atlantique)	20
Figure 8 : Cartographie du risque d'inondation de socle au niveau de la commune (Source : BRGM)	21
Figure 9 : Carte de synthèse de l'environnement du projet	23
Figure 10 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E1.....	25
Figure 11 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E2.....	26
Figure 12 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E3.....	27
Figure 13 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E4.....	28
Figure 14 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E5.....	29
Figure 15 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur	31
Figure 16 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne	31
Figure 17 : Plan d'élévation éolienne E92-150m (Source : ENERCON).....	33
Figure 18 : Plan de l'installation projetée	35
Figure 19 : Espaces contraints par la VOR du Louroux-Béconnais (Source : DREAL)	39
Figure 20 : Raccordement électrique des installations	45
Figure 21 : Localisation du poste de livraison	45
Figure 22 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées	54
Figure 23 : Synthèse des risques au niveau de l'éolienne E1	89
Figure 24 : Synthèse des risques au niveau de l'éolienne E2	90
Figure 25 : Synthèse des risques au niveau de l'éolienne E3	91
Figure 26 : Synthèse des risques au niveau de l'éolienne E4	92
Figure 27 : Synthèse des risques au niveau de l'éolienne E5	93

- TABLEAU :

Tableau 1 : Différents acteurs du dossier	11
Tableau 2 : Distance entre habitation/zone d'habitation et éolienne la plus proche (Source : SYSCOM)	16
Tableau 3 : Nombre moyen de jours avec rafales de vents et rafales maximales de vent enregistrés à Angers-Beaucouzé (Source : Météo-France).....	18
Tableau 4 : Nombre moyen mensuel de jours avec brouillard, grêle, orage et neige enregistrés à Angers	18
Tableau 5 : Liste des événements sismiques passés sur la commune du projet (Source : BRGM)	19

Tableau 5 : Coordonnées des éoliennes et du poste de livraison	32
Tableau 6 : Description des différents éléments constitutifs d'une éolienne.....	37
Tableau 7 : Caractéristiques des produits utilisés pour l'entretien des éoliennes E92.....	48
Tableau 8 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation	49
Tableau 9 : Principales agressions externes liées aux activités humaines	57
Tableau 10 : Description des agressions externes potentielles de l'installation éolienne.....	57
Tableau 11 : Analyse générique des risques	58
Tableau 12 : Fonctions de sécurité de l'installation	63
Tableau 13 : Liste des scénarios exclus	71
Tableau 14 : Seuils de gravité et d'intensité en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes	73
Tableau 15 : Classes de probabilité.....	74
Tableau 16 : Synthèse des paramètres de risques pour chaque scénario retenu	87
Tableau 17 : Synthèse de l'acceptabilité des risques.....	88

I. PRÉAMBULE

I.1. OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE DANGERS

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

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du **Parc Eolien d'ANGRIE**. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le **Parc Eolien d'ANGRIE** 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.

I.2. CONTEXTE LÉGISLATIF ET RÉGLEMENTAIRE

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'Environnement relative aux installations classées. Selon l'article L. 512-1, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accident majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article R. 512-9 du Code de l'Environnement :

- description de l'environnement et du voisinage
- description des installations et de leur fonctionnement
- identification et caractérisation des potentiels de danger

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

De même, la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 précise le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

I.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSÉES

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.			

Le **Parc Eolien d'ANGRIE** comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

II. INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION

II.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

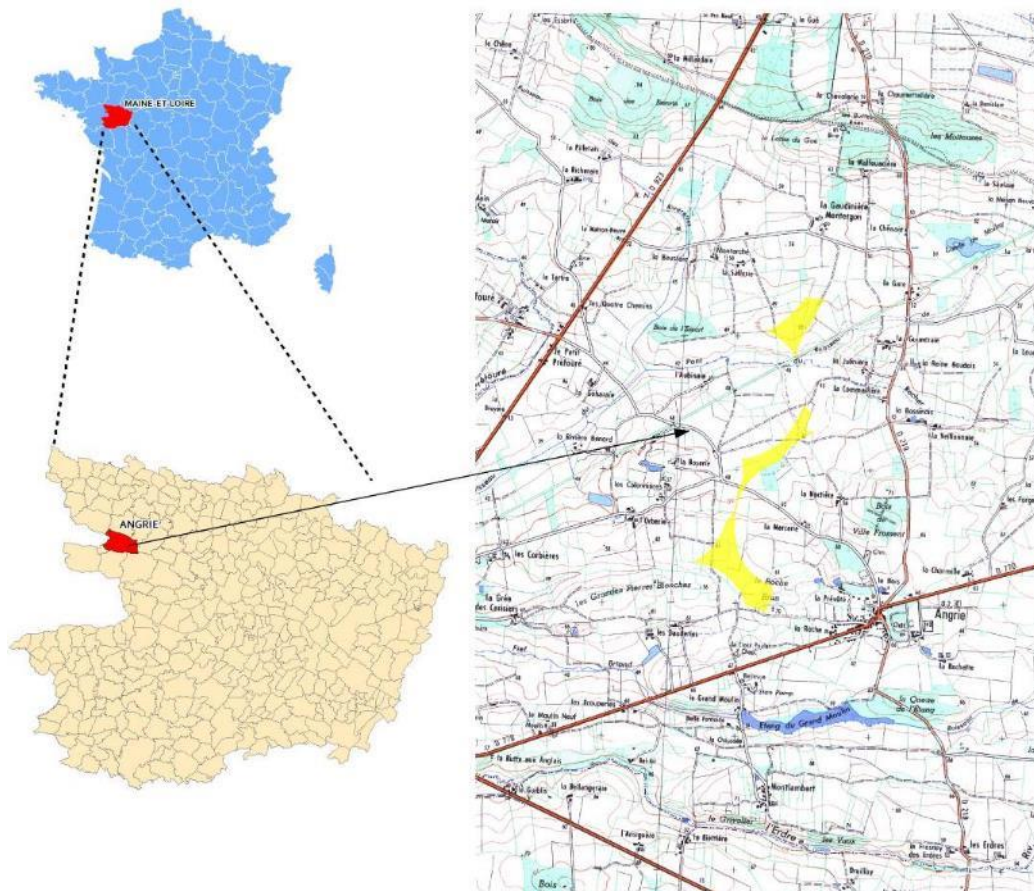
Le tableau ci-dessous résume les principales caractéristiques des différents acteurs du présent dossier :

Tableau 1 : Différents acteurs du dossier

Fonctions	Raison sociale/Nom N° SIRET	Adresse
Porteur de projet (demandeur)	Société d'exploitation éolienne ANGRIE SASU N° : 79969605900010	ZA des Métairies II – BP 48 – 56130 La Roche Bernard Tél : 02.99.90.87.07
Exploitant de l'installation	SAB WindTeam GmbH	Berliner Platz 1, 25524 ITZEHOE (Allemagne)
Rédacteur de l'étude	SARL IMPACT ET ENVIRONNEMENT N° : 42930235900030	Espace Plan&Terre 2 Rue Amedeo Avogadro 49070 BEAUCOUZE Tél. : 02.41.72.14.16

II.2. LOCALISATION DU SITE

Le **Parc Eolien d'ANGRIE**, projetant l'implantation de 5 aérogénérateurs, se trouve sur la commune d'ANGRIE, dans le département du Maine et Loire (49) en région Pays de la Loire. Située au Nord-ouest du département, à 40 km d'ANGERS, cette commune appartient à la Communauté de Communes du Canton de Candé. Les communes limitrophes sont LA CORNUAILLE, CANDE, VRITZ, LOIRE, CHALLAIN-LA-POThERIE, CHAZE-SUR-ARGOS, VERN D'ANJOU et LE LOUROUX-BECONNAIS.

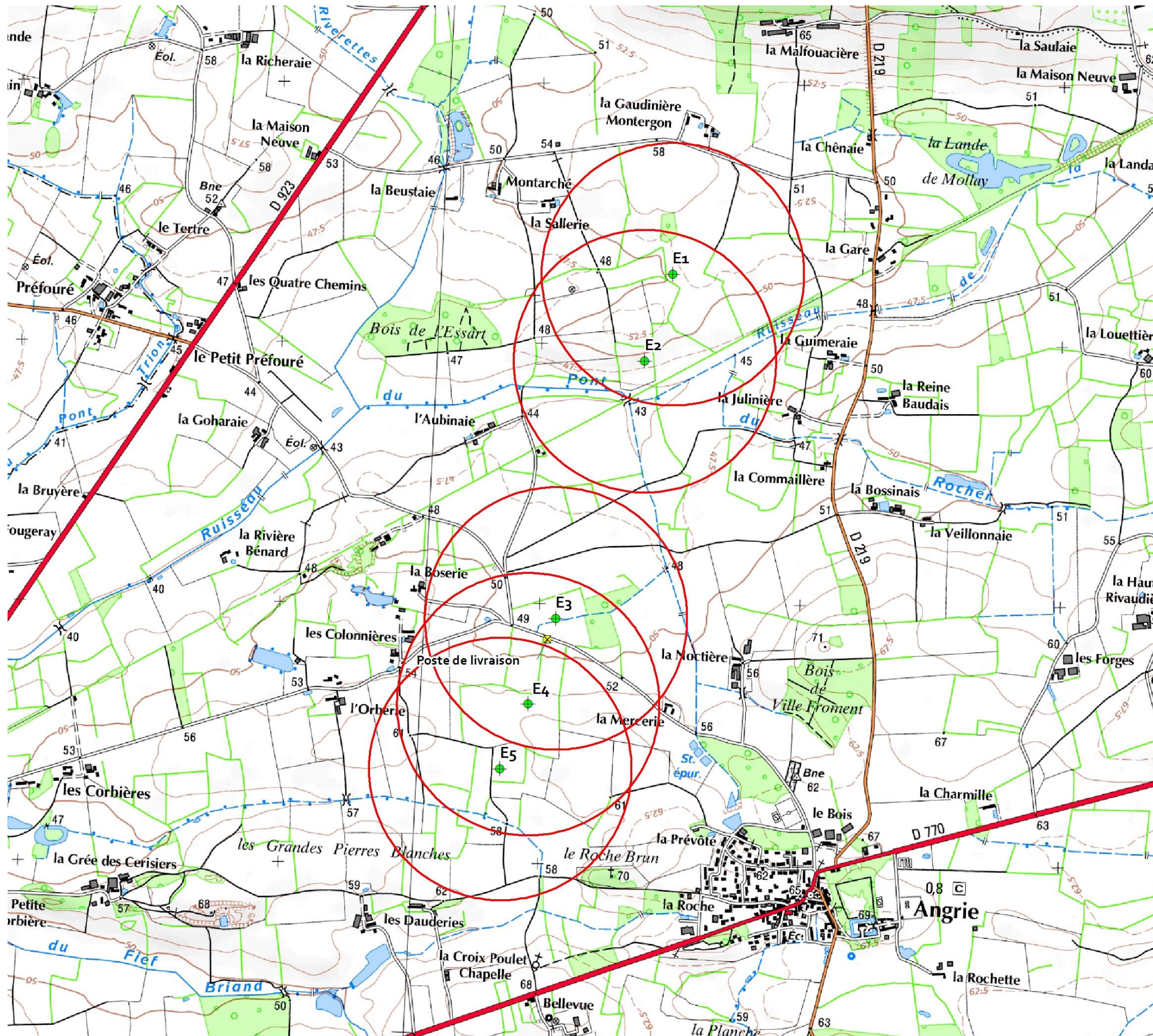


II.3. DÉFINITION DE L'AIRE D'ÉTUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe VIII.2.4.

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



TITRE : AIRE D'ETUDE DE DANGERS

LEGENDE :

- Aire d'étude de dangers (500m)
- Eoliennes
- Poste de livraison

Fond cartographique : Scan25 - IGN
 Source de données : SYSCOM
 Auteur : CJ

ETUDE : Projet parc éolien d'ANGRIE

N° Affaire : 000273	Client : SYSCOM
----------------------------	------------------------

ECHELLE : 0 187,5 375 750 Mètres
 1:15 000
 Seule l'échelle métrique est garantie

DATE : 16/06/2014	 IMPACT ET ENVIRONNEMENT
--------------------------	------------------------------------

Figure 1 : Aire de l'étude de dangers

III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans la zone d'étude de l'installation, afin d'identifier les principaux intérêts à protéger (enjeux) et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels).

III.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

III.1.1. ZONES URBANISÉES

La principale zone urbanisée se trouve être le bourg d'ANGRIE qui est situé à environ 1 kilomètre au Sud-Est de l'éolienne la plus proche (E5). En dehors de cette zone d'habitat plus dense, on retrouve aussi sur le pourtour du site, plusieurs habitations, parfois regroupées en petits hameaux. Cette forme d'habitat diffus au sein de la matrice agricole est assez caractéristique des régions de l'Ouest de la France. Les populations concernées sont dans tous les cas limitées. Ces logements, parfois associés aux sièges d'exploitation agricoles, sont inclus pour la plupart au sein de la zone agricole « A » du PLU. Une minorité est intégrée dans des zones spécifiques dédiées à l'habitat de type « Nh », comme le hameau de « La Gare » au Nord-Est du parc.

Les habitations et zones d'habitats les plus proches ont été repérées sur des distances allant d'environ 515 m à 550 m. Les distances séparant les lieux de vie les plus proches des éoliennes sont résumées dans le tableau ci-après. A noter que ces habitations et zones d'habitats sont toutes localisées hors du périmètre de l'étude de dangers.

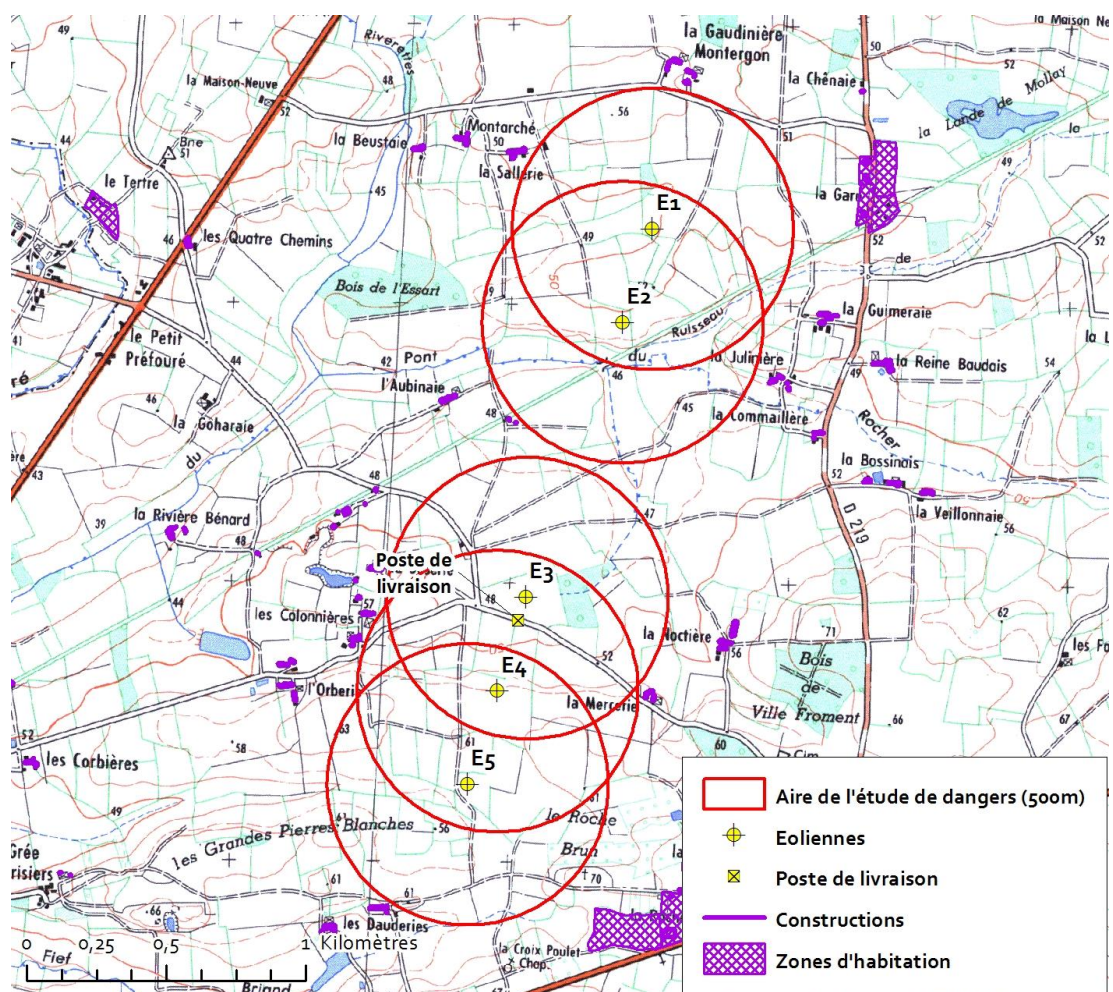


Figure 2 : Carte des habitations et zones d'habitats les plus proches

Tableau 2 : Distance entre habitation/zone d'habitation et éolienne la plus proche (Source : SYSCOM)

HABITATION	EOLIENNE LA PLUS PROCHE	DISTANCE à l'éolienne (m)
La Gaudinière	E1	536 m
Montergon	E1	536 m
L'Aubinaie	E2	521 m
La Boserie	E3	515 m
La Mercerie	E3	549 m
La Mercerie	E4	523 m
L'Orberie	E4	520 m
Les Dauderies	E5	523 m
La Gare	E1	750 m

III.1.2. ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Aucun établissement recevant du public n'est recensé au sein du périmètre d'étude de 500m. Les seuls établissements recevant du public recensés sur la commune sont distants d'au moins un kilomètre du projet.

III.1.3. INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE

Aucune installation soumise au régime des ICPE n'est présente dans les limites de l'aire d'étude. Les sites SEVESO les plus proches semblent être ceux de TITANOBEL à RIAILLE et ODALIS à MESANGER, à une vingtaine de kilomètres du projet.

III.1.4. AUTRES ACTIVITÉS

Le contexte rural du secteur induit la présence de plusieurs exploitations agricoles à proximité du périmètre d'étude. Celles-ci sont souvent associées au bâti résidentiel. Par ailleurs, des activités artisanales peuvent aussi être présentes au sein des différents hameaux bordant la zone d'étude. Au niveau des activités touristiques, comme signalé précédemment aucun gîte n'est situé en périphérie de la zone du projet. Un sentier de randonnées traverse en revanche les aires d'étude de dangers associées aux différentes éoliennes. Aucun comptage des randonneurs utilisant ce chemin n'existe aujourd'hui. En l'absence de données, compte tenu du contexte rural de l'environnement du projet, pour ce sentier, nous partirons sur une hypothèse majorante de 30 promeneurs/jours (soit plus de 10 000 promeneurs par an).

III.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

III.2.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

Les données proviennent de la station météorologique la plus proche du site étudié : Angers-Beaucouzé (49).

■ Précipitations

L'histogramme suivant indique les normales mensuelles de précipitations calculées pour la période 1981-2010. Bien qu'il est possible d'observer une légère augmentation de la hauteur des précipitations en hiver, ces dernières restent relativement constantes le reste de l'année (entre 40 et 60 mm/mois). Au total, il pleut à Angers environ 111 jours par an pour une hauteur cumulée de 693.3 mm. Ces précipitations, témoignage d'un climat océanique dégradé, sont relativement stables.

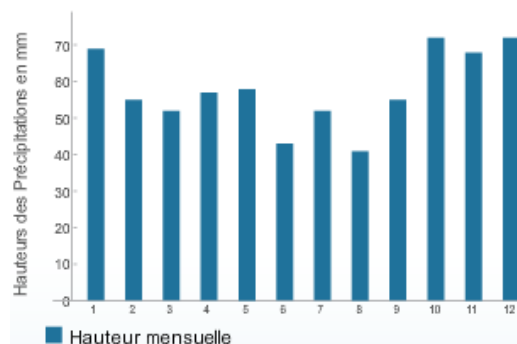


Figure 3 : Normales mensuelles des précipitations à Angers (Source : Météo-France)

▪ Températures

Le graphique suivant indique les mesures de la température minimale et maximale relevée mois par mois pour la période 1981-2010.

Les mois les plus chauds sont juillet et août, alors que décembre et janvier sont les mois les plus froids. L'amplitude thermique, différence entre la moyenne minimale (7.9°C) et la moyenne maximale (16.6°C), de l'ordre d'une dizaine de degrés souligne la présence d'un climat relativement modéré, océanique à tendance continentale.

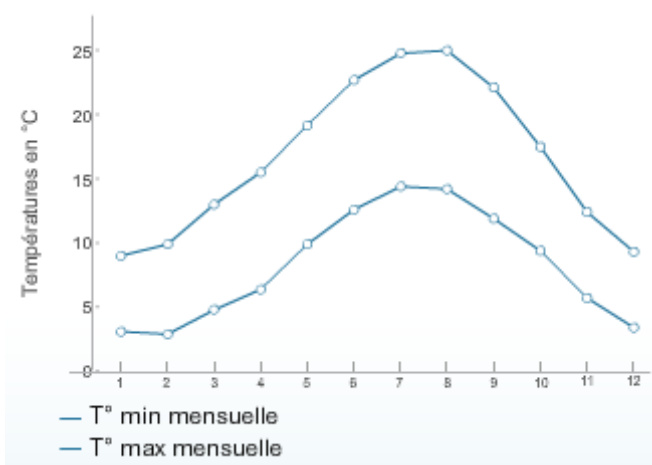


Figure 4 : Normales mensuelles des températures minimales et maximales à Angers (Source : Météo-France)

▪ Vents

La rose des vents indique la fréquence relative (%) des directions du vent par classe de vitesse. Les directions sont exprimées en rose de 360° (360° = Nord ; 90° = Est ; 180° = Sud ; 270° = Ouest). La rose de Météo-France a été établie à partir de mesures trihoraires de vent (vitesse moyennée sur 10 minutes) relevées à Nantes entre 1981 et 2010.

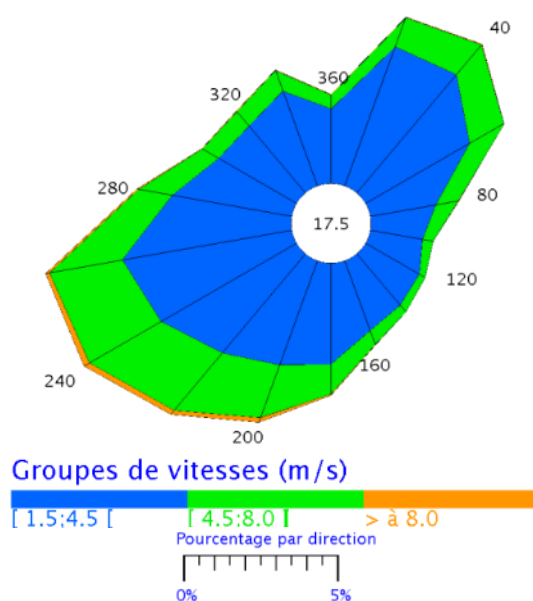


Figure 5 : Roses des vents à Angers (Source : Météo-France)

Ainsi, sur ce secteur, les vents proviennent donc de deux directions privilégiées :

- Sud-Ouest : ce sont les vents les plus fréquents. Ils proviennent de l'Océan Atlantique. Ils amènent les précipitations et la douceur sur la côte Atlantique.
- Nord-Est : ces vents sont un peu moins fréquents et plus calmes que les précédents. Ils proviennent des zones polaires et sibériennes amenant ainsi un air sec et froid. On les rencontre plus couramment en hiver.

Pour compléter ces informations, le tableau ci-dessous nous indique, par mois, le nombre de jours moyen avec rafales et les rafales maximales de vent (m/s) enregistrés au niveau de la station d'Angers-Beaucouzé entre 1981 et 2010.

Tableau 3 : Nombre moyen de jours avec rafales de vents et rafales maximales de vent enregistrés à Angers-Beaucouzé
(Source : Météo-France)

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Nombre de jours avec rafales > 16m/s (58 km/h)	5.1	4.7	4.5	3.1	2.2	1.5	1.6	0.8	1.3	3	2.7	4.5
Nombre de jours avec rafales > 28m/s (100 km/h)	0.1	0.1	0.0	/	/	/	/	/	/	0.0	0.1	0.1
Vitesse maximale enregistrée en m/s	30	34	29	25	23	24	26	21	23	28	29	33
(km/h en italique)	<i>108</i>	<i>122</i>	<i>104</i>	<i>90</i>	<i>83</i>	<i>96</i>	<i>94</i>	<i>76</i>	<i>83</i>	<i>101</i>	<i>104</i>	<i>119</i>

Les vents les plus forts sont rencontrés durant la période hivernale et ne dépassent pas la valeur maximale à laquelle les tests de résistance des éoliennes ont été réalisés (>200km/h). A titre d'information, lors d'un ouragan les vents sont supérieurs à 140 km/h.

▪ **Brouillard, orage, grêle, neige et gel**

Le tableau suivant indique le nombre moyen de jours avec brouillard, grêle, orage, neige et gel mois par mois enregistrés au niveau de la station d'Angers-Beaucouzé entre 1981 et 2010.

Tableau 4 : Nombre moyen mensuel de jours avec brouillard, grêle, orage et neige enregistrés à Angers
(Source : Météo-France)

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	TOTAL
BROUILLARD	4.4	3.4	2.6	2.2	1.9	1.4	1.3	1.5	3.1	4.9	5.0	5.2	37.0
ORAGE	0.3	0.2	0.7	1.7	3.0	2.5	3.0	2.6	1.4	1.0	0.5	0.2	16.9
GRELE	0.2	0.1	0.4	0.4	0.3	0.1	0.2	0.1	/	0.1	0.1	0.0	2.0
NEIGE	1.9	2.5	0.7	0.2	/	/	/	/	/	/	0.3	1.2	6.7
GEL	8.6	9.0	4.2	0.8	/	/	/	/	/	0.4	4.0	8.7	35.6

Il est important de préciser que le nombre de jours de gel, ou gelée blanche, qui se forme au niveau du sol est à différencier du nombre de jours de glace, ou givre, qui peut se former en hauteur par la combinaison de température inférieure à 0°C et d'humidité importante (brouillard givrant).

Le risque orageux peut être, quant à lui, apprécié de manière plus fine grâce à la densité d'arc (Da) qui est « le nombre de coups de foudre au sol par km² et par an ». D'après les données 2003-2012 fournies par le service METEORAGE de Météo-France, la densité d'arc est égale à 0,58 arcs / km² / an. A titre de comparaison, la moyenne en France est de 1,55 arcs / km² / an.

Le risque orageux dans le secteur du projet, peut donc être considéré comme relativement faible (la commune se classe 33 263ème sur la France). Néanmoins, les éoliennes seront équipées de parafoudres.

III.2.2. RISQUES NATURELS

Les risques naturels et technologiques présentés sont ceux répertoriés dans le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) du département concerné par le présent projet. Des données complémentaires peuvent être apportées en fonction des données disponibles localement (argiles, mouvements de terrain, inondations...)

▪ **Mouvements de terrain**

Ce risque peut être de trois origines différentes : glissements/écroulements de falaises ou talus, affaissements de cavités souterraines ou retrait/gonflement des argiles.

La consultation des bases de données¹ spécifiques permet de s’apercevoir que le risque lié au retrait-gonflement des argiles au niveau du projet est évalué à faible voire nul sur la majeure partie de la zone d’implantation. Par ailleurs aucun mouvement de terrain ni aucune cavité n’ont été recensés au sein de l’aire d’étude rapprochée. Ainsi, si ANGRIE est concerné par un risque d’effondrement minier selon le DDRM, l’absence de cavités sur la zone du projet tend à rendre le risque associé faible à très faible.

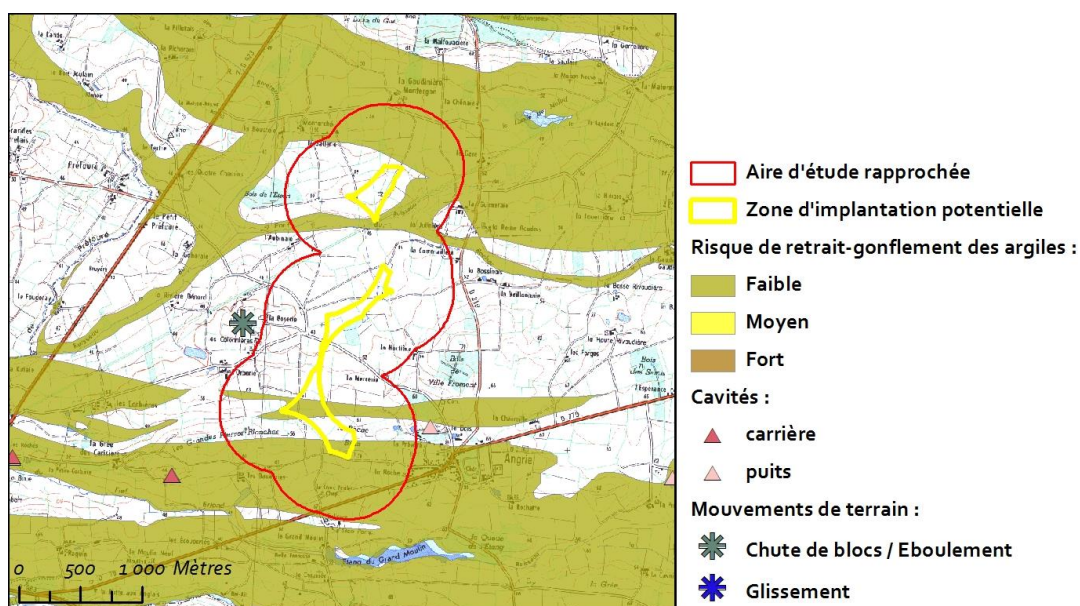


Figure 6 : Risque de mouvement de terrain sur la zone du projet (Source : BRGM)

▪ **Séisme**

Selon les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010, la commune d’ANGRIE est classée en zone de sismicité faible (classe 2). Concernant les événements sismiques passés, la commune du projet a connu très peu de phénomènes d’intensité moyenne à faible² :

Tableau 5 : Liste des événements sismiques passés sur la commune du projet (Source : BRGM)

Date	Localisation épicentrale	Région ou pays de l'épicentre	Intensité épicentrale	Intensité dans la commune
30 Septembre 2002	VANNETAIS (HENNEBONT-BRANDERION)	BRETAGNE	5,5	3,5
4 Mars 1965	CRAONNAIS ET SEGREEN (LE LION D'ANGERS°)	ANJOU	5,5	4,5

Pour les éoliennes dont la hauteur de mât est supérieure à 12 mètres, l’article R. 111-38 du Code de la construction et de l’habitation définit l’obligation d’un contrôle technique.

¹ Données issues des sites web développés par le BRGM : <http://www.argiles.fr/> et <http://www.mouvementsdeterrain.fr/>

² Données issues du site web développé par le BRGM, EDF et IRSN : <http://www.sisfrance.net/>

Le poste de livraison est aussi concerné par cette obligation de contrôle technique puisqu'il fait partie des « *bâtiments de centres de production collective d'énergie quelle que soit leur capacité d'accueil* » visés par l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié. En effet, il s'agit d'un bâtiment dont la fonction première est la production collective d'énergie et dont l'endommagement empêcherait le fonctionnement du centre de production. Selon l'arrêté mentionné précédemment, il s'agit donc d'un bâtiment de catégorie d'importance III. Dans le cadre de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation, il est donc lui aussi soumis à obligation de contrôle technique dès lors qu'il se trouve situé dans une zone de sismicités 2, 3, 4 et 5. De plus, en tant que bâtiment, le poste de livraison est soumis à un dispositif d'attestation qui doit être établie :

- Lors de la demande de permis de construire, le dossier doit comprendre « *un document établi par le contrôleur technique attestant qu'il a fait connaître au maître d'ouvrage son avis sur la prise en compte, au stade de la conception, des règles parasismiques* » (art R.431-16 Code de l'Urbanisme),
- A la déclaration d'achèvement qui doit être accompagnée d'un document « *attestant que le maître d'ouvrage a tenu compte des avis du contrôleur technique sur le respect des règles de construction parasismiques* » (R.462-4 Code de l'Urbanisme).

L'arrêté du 10 septembre 2007 modifié précise les modalités de réalisation de l'attestation.

■ **Inondations**

Selon le DDRM, ANGRIE ne fait pas partie des communes du département les plus exposées au risque d'inondation par les eaux superficielles.

Cette dernière dispose cependant depuis 2006 d'un Atlas des Zones Inondables (AZI) « *Atlas des zones inondables de la vallée de l'Erdre* » dont l'objectif est de localiser les secteurs soumis à ce risque inondation. Eloignée de plusieurs centaines de mètres de cette rivière, la zone du projet n'est pas concernée par ces zonages.

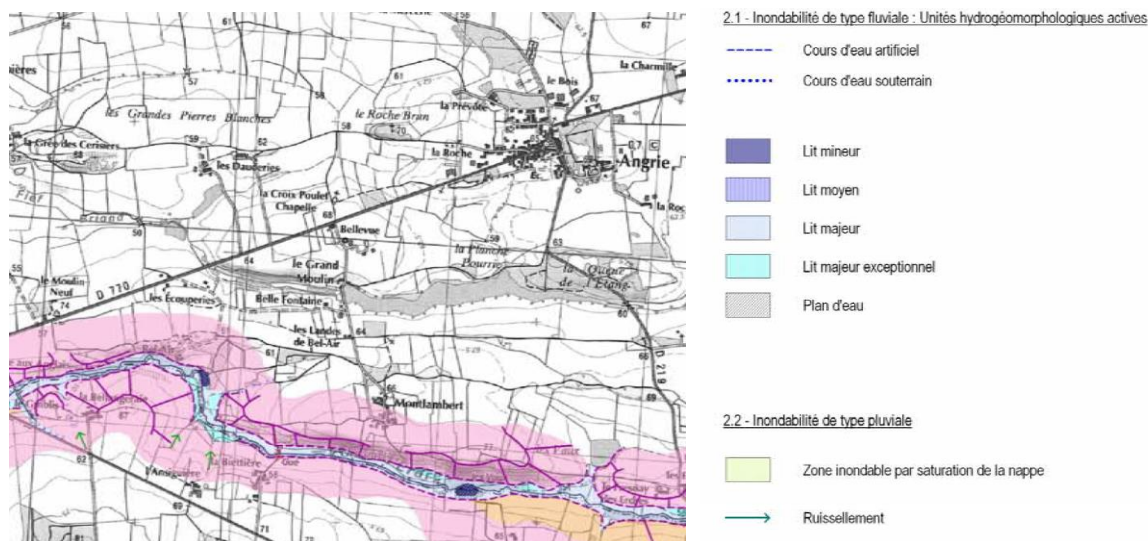


Figure 7 : Extrait de l'Atlas des Zones Inondables de l'Erdre (Source : Préfecture Loire-Atlantique)

Le risque d'inondation par remontée de nappes est lié quant à lui aux nappes phréatiques dites « libres » car aucune couche imperméable ne les sépare du sol. Alimentées par la pluie, ces nappes peuvent connaître une surcharge en période hivernale et rejaillir du sol. Il existe deux grands types de nappes selon la nature des roches qui les contiennent (on parle de la nature de « l'aquifère ») : celles des formations sédimentaires et celles des roches dures de socle. Les premières sont contenues dans des roches poreuses (ex : sables, certains grès, la craie...) alors que les secondes sont incluses dans les fissures des roches dures et non poreuses, aussi appelées « de socle » (ex : granite, gneiss...).

Au niveau de la zone du projet, les données fournies³ par le BRGM font apparaître une sensibilité variable, les parties le plus sensibles étant celles liées aux roches de socle au Nord-est et Sud de l'aire d'étude rapprochée. Il ne s'agit toutefois que de données théoriques, le BRGM ne garantissant pas ni leur exactitude ni leur exhaustivité. Les études géotechniques menées en amont de la construction du parc devront donc confirmer ou non ce risque. Si celui-ci est avéré, des mesures visant à réduire le risque de pollution des eaux devront être mises en œuvre (Cf. IMPACTS ET MESURES).

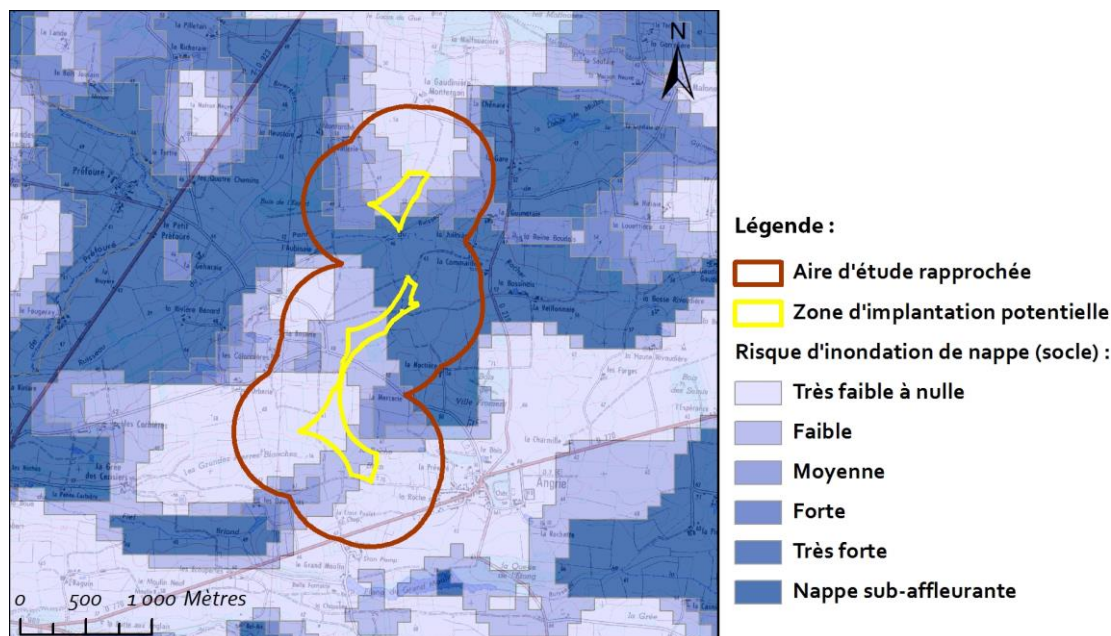


Figure 8 : Cartographie du risque d'inondation de socle au niveau de la commune (Source : BRGM)

▪ **Tempête**

Tout comme l'ensemble des communes du département, la commune du projet est soumise au risque lié aux tempêtes. Lors de ces épisodes météorologiques extrêmes, les vents enregistrés restent cependant bien inférieurs aux limites des éoliennes (>200 km/h).

▪ **Feux de forêt**

La commune d'ANGRIE ne possède pas de vastes surfaces boisées et son peuplement forestier ne présente qu'une quantité limitée d'espèces sensibles (résineux, landes...). De ce fait, la commune est considérée aux yeux du DDRM comme faiblement exposée au risque de feux de forêt. On notera de plus que les espaces boisés sont peu nombreux au sein de la zone d'implantation potentielle. Des mesures de sécurité (détecteurs, procédure d'arrêt et d'alerte, extincteurs) permettent en outre de réduire les risques au sein des éoliennes.

III.3. ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

III.3.1. VOIES DE COMMUNICATION

Au niveau de la zone d'étude d'ANGRIE, aucune route départementale, nationale ou autoroute n'est recensée ni aucune voie ferrée en activité. La desserte est assurée par un réseau routier composé de routes communales et chemins d'exploitation.

III.3.2. RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

La commune d'ANGRIE est directement concernée par ces réseaux car plusieurs canalisations traversent le territoire communal. Ainsi, on recense :

³ Donnée extraite du site web développé par le BRGM : www.inondationsnappes.fr

- le pipeline DONGES-MELUN-METZ qui coupe la commune suivant un axe Sud-Ouest/Est, en longeant la route D770 ;
- la canalisation de gaz CHERMERY-NOZAY qui traverse la zone du projet suivant un axe Est/Ouest.

Les distances séparant ces installations des éoliennes les plus proches sont de l'ordre de 370m (éolienne E3) pour la canalisation de gaz et de 1km pour le pipeline (éolienne E5).

Le réseau électrique est composé de ligne de distribution desservant les habitations proches.

III.3.3. AUTRES OUVRAGES PUBLICS

Il n'a pas été observé d'autres ouvrages publics majeurs tels que les barrages, digues, châteaux d'eau, bassins de rétention, etc. au sein de la zone d'étude.

III.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

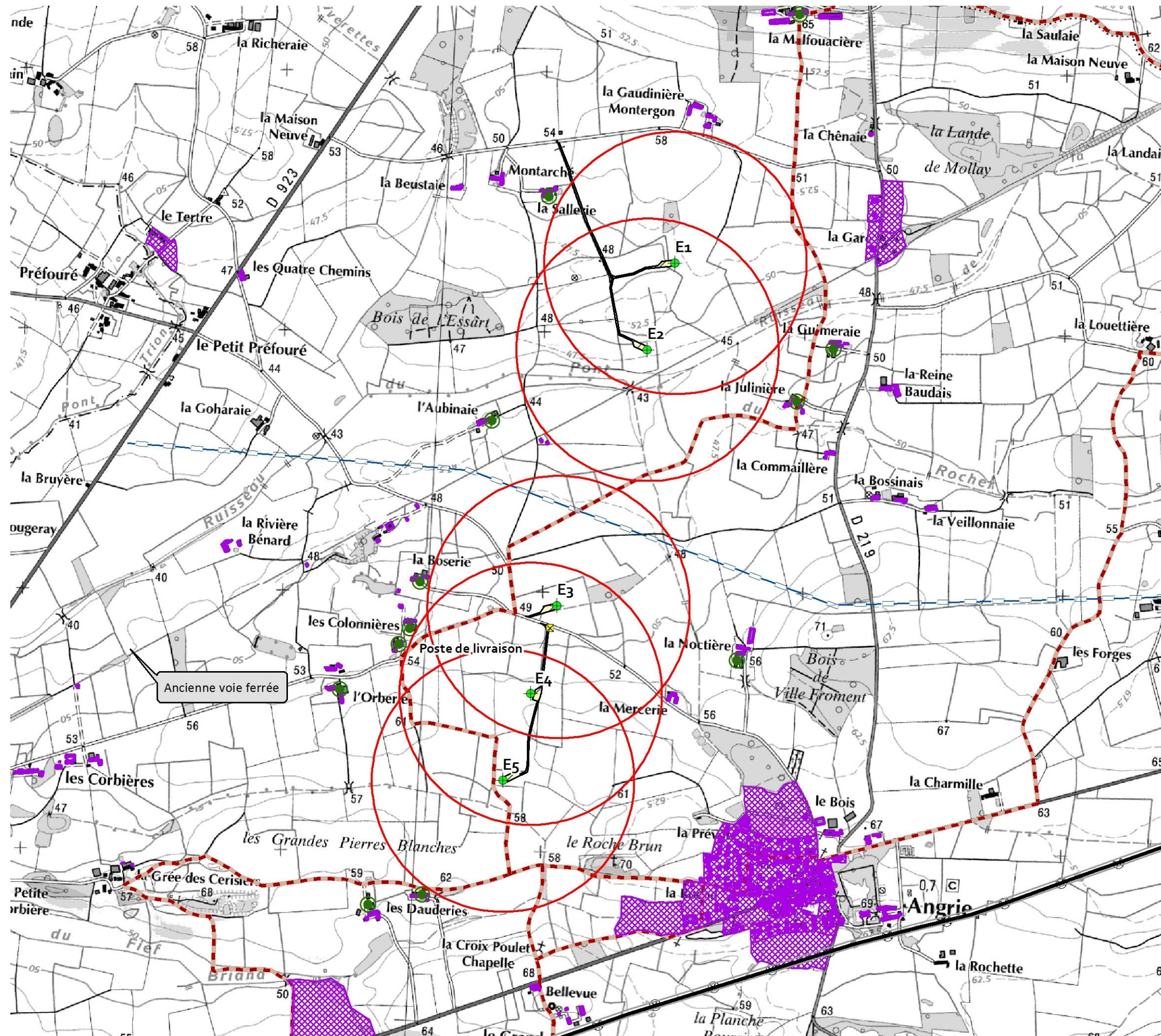
Les cartes présentées sur les pages qui suivent permettent de restituer les différents enjeux liés à l'environnement du projet du **Parc Eolien ANGRIE**, à savoir :

- La localisation des biens, infrastructures et autres établissements,
- Le nombre de personnes exposées par secteur (champs, routes, habitations...) dans un rayon de 500m autour des éoliennes.
- A titre indicatif, figurent aussi sur ces cartes les rayons des différents phénomènes de dangers qui seront détaillés dans les parties suivantes.

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en annexe 1. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. A noter que le détail des calculs du nombre de personnes exposées par type de scénario est quant à lui fourni en Annexe. Le tableau ci-dessous résume le nombre de personnes exposées comptabilisé pour chaque éolienne dans un rayon de 500m⁴.

E1	E2	E3	E4	E5
0.97	1.22	1.57	1.87	1.92

⁴ Il convient de noter qu'un très léger écart peut apparaître (de l'ordre de 0.01 personne) entre les chiffres détaillés sur les cartographies de synthèse et ceux présentés dans les tableaux de détails de calculs annexés au présent rapport. Cet écart est induit par les arrondis, les chiffres les plus près de la réalité étant ceux des tableaux.



TITRE : ETUDE DE DANGERS Synthèse de l'environnement du projet	
LEGENDE :	
	Aire d'étude de dangers (500m)
	Eoliennes
	Poste de livraison
	Chemins et plateformes
	Exploitation agricole
	Canalisation gaz
	Chemins de randonnées
	Constructions
	Zones d'habitation
	Pipelines à hydrocarbures liquides
Fond cartographique : Scan25 - IGN Source de données : SYSCOM, PLU, IE Auteur : CJ	
ETUDE : Projet parc éolien d'ANGRIE	
N° Affaire : 000274	Client : SYSCOM
ECHELLE : 0 187,5 375 750 Mètres 1:15 000 Seule l'échelle métrique est garantie	
DATE : 22/07/2014	 IMPACT ET ENVIRONNEMENT

Figure 9 : Carte de synthèse de l'environnement du projet



Terrains aménagés peu fréquentés :
Routes non structurantes, chemins agricoles --> 0.12 ha
Equivalent personnes perm. : 0.01 pers.

Chemins de randonnées --> 0.09 ha
Equivalent personnes perm. : 0.10 pers.

Terrains aménagés peu fréquentés :
Chemins d'accès et plateformes --> 0.72 ha
Equivalent personnes perm. : 0.07 pers.

Terrains non-aménagés et très peu fréquentés :
champs, bosquets --> 78.77 ha
Equivalent personnes perm. : 0.79 pers.

Aire de l'étude de dangers (500 m)	Constructions	Rayon des scénarios étudiés (à titre indicatif) :	
Eoliennes	Exploitation agricole	Chute de glace/éléments (zone d'effet : 46m)	
Poste de livraison	Canalisation gaz	Effondrement (zone d'effet : 150 m)	
Chemins et plateformes	Sentiers de randonnées	Projection de glace (zone d'effet : 294m)	
Zones d'habitation		Projection de pale (zone d'effet : 500 m)	

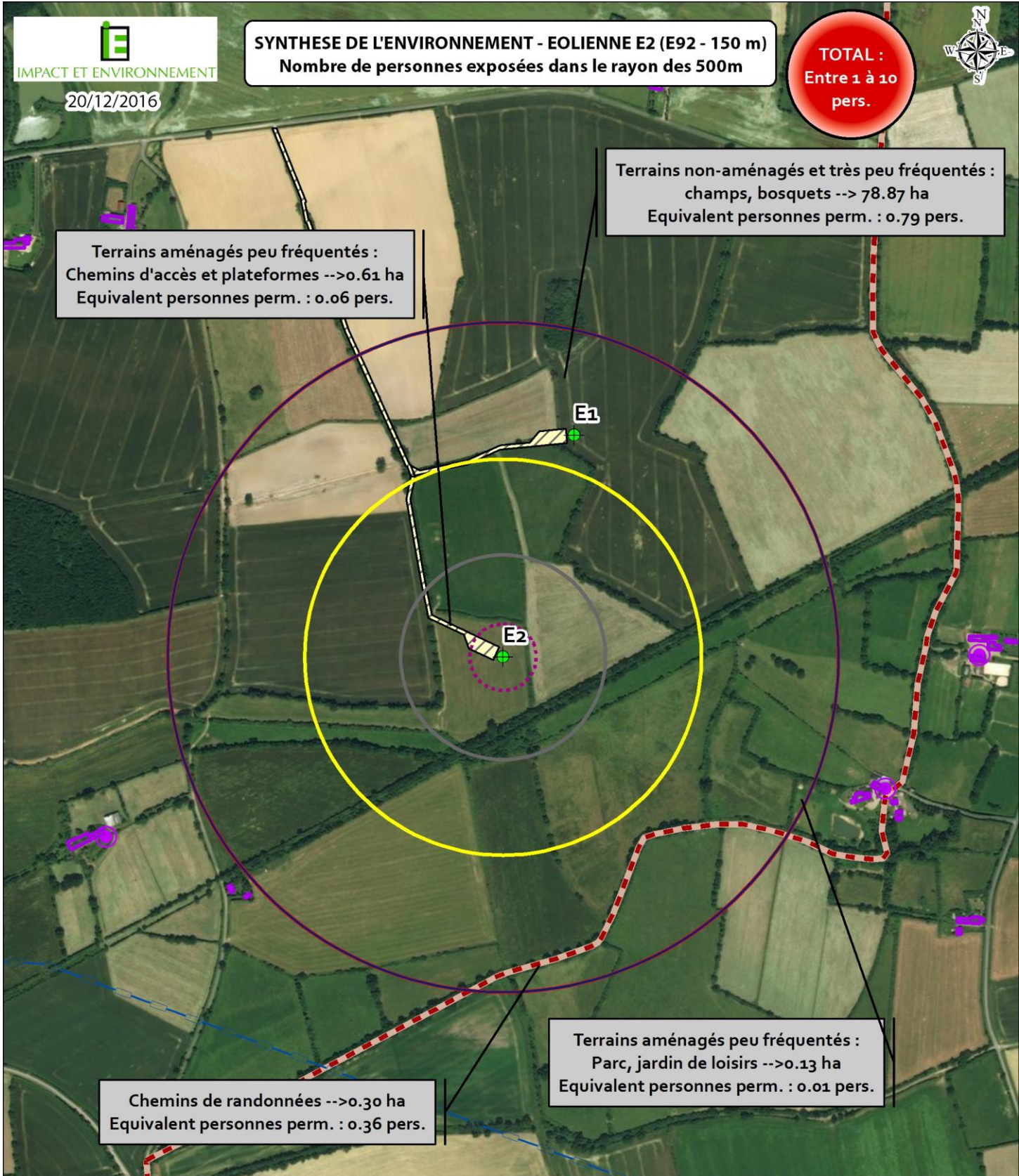
ETUDE : Projet Parc Eolien d'ANGRIE
N° Affaire : 000274 | **Client :** SYSCOM

Fond cartographique : ESRI
Source de données : Calcul IE sur base INERIS
Auteur : CJ

0 50 100 200
Mètres
1:8 000
Seule l'échelle métrique est garantie

Figure 10 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E1

TOTAL :
Entre 1 à 10
pers.



Terrains aménagés peu fréquentés :
Chemins d'accès et plateformes --> 0.61 ha
Equivalent personnes perm. : 0.06 pers.

Terrains non-aménagés et très peu fréquentés :
champs, bosquets --> 78.87 ha
Equivalent personnes perm. : 0.79 pers.

Chemins de randonnées --> 0.30 ha
Equivalent personnes perm. : 0.36 pers.

Terrains aménagés peu fréquentés :
Parc, jardin de loisirs --> 0.13 ha
Equivalent personnes perm. : 0.01 pers.

Aire de l'étude de dangers (500 m)	Zones d'habitation	Rayon des scénarios étudiés (à titre indicatif) :	
Eoliennes	Constructions	Chute de glace/éléments (zone d'effet : 46m)	
Poste de livraison	Canalisation gaz	Effondrement (zone d'effet : 150 m)	
Chemins et plateformes	Sentiers de randonnées	Projection de glace (zone d'effet : 294m)	
Exploitation agricole		Projection de pale (zone d'effet : 500 m)	

ETUDE : Projet Parc Eolien d'ANGRIE
N° Affaire : 000274 **Client :** SYSCOM

Fond cartographique : ESRI
Source de données : Calcul IE sur base INERIS
Auteur : CJ

0 50 100 200
Mètres
1:8 000
Seule l'échelle métrique est garantie

Figure 11 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E2

SYNTHESE DE L'ENVIRONNEMENT - EOLIENNE E3 (E92 - 150 m)
Nombre de personnes exposées dans le rayon des 500m

TOTAL :
Entre 1 à 10 pers.



Terrains non-aménagés et très peu fréquentés :
champs, bosquets --> 78.16 ha
Equivalent personnes perm. : 0.78 pers.

Terrains aménagés mais peu fréquentés :
Terrain de loisirs --> 0.16 ha
Equivalent personnes perm. : 0.02 pers.

Chemins de randonnées --> 0.54 ha
Equivalent personnes perm. : 0.65 pers.

Terrains aménagés peu fréquentés :
Routes non structurantes, chemins agricoles --> 0.85 ha
Equivalent personnes perm. : 0.09 pers.

Terrains aménagés peu fréquentés :
Chemins d'accès et plateformes --> 0.44 ha
Equivalent personnes perm. : 0.04 pers.

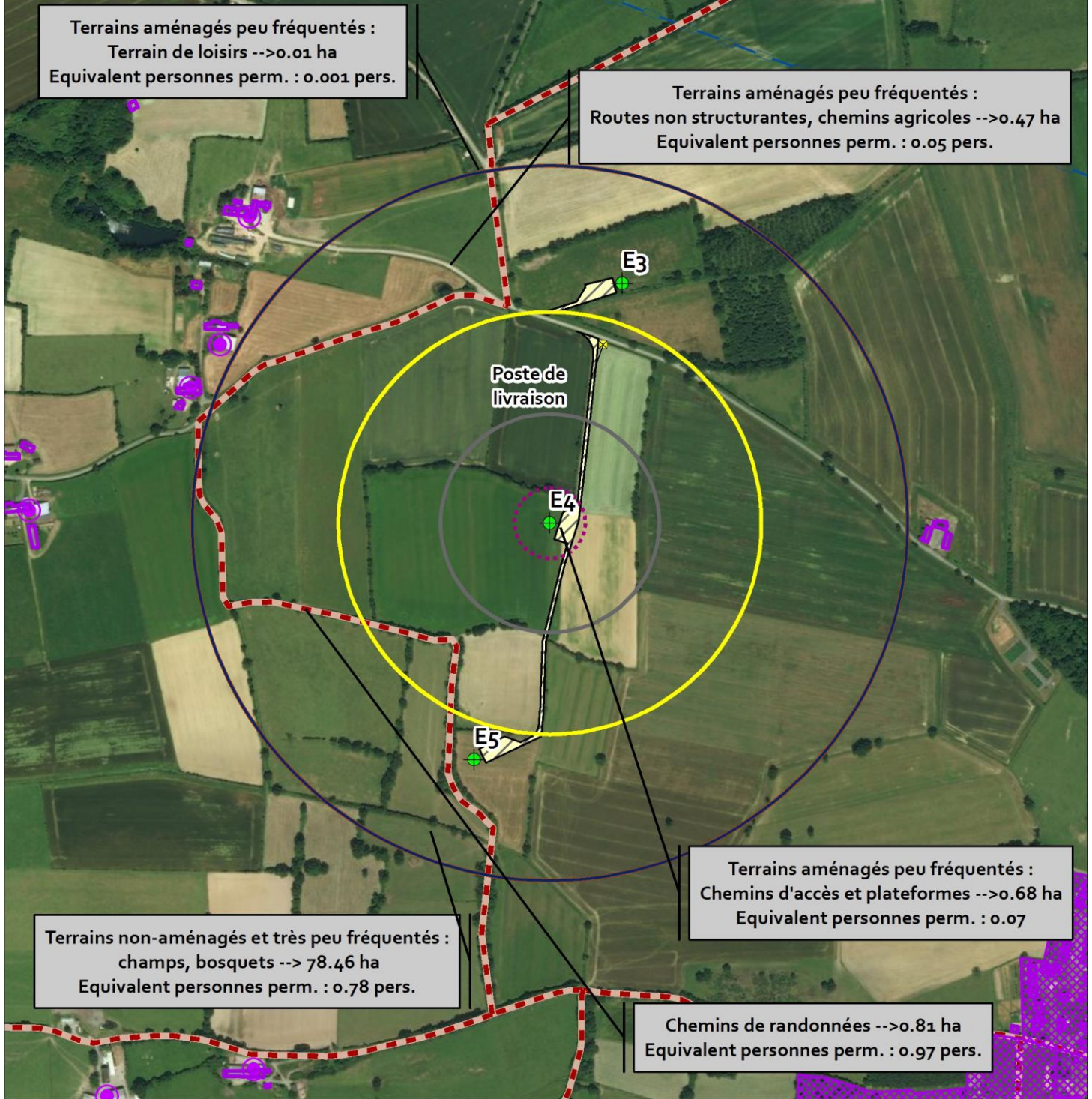
Aire de l'étude de dangers (500 m)	Zones d'habitation
Eoliennes	Constructions
Poste de livraison	Sentiers de randonnées
Chemins et plateformes	Canalisation gaz
Exploitation agricole	

Rayon des scénarios étudiés (à titre indicatif) :

- Chute de glace/éléments (zone d'effet : 46m)
- Effondrement (zone d'effet : 150 m)
- Projection de glace (zone d'effet : 294m)
- Projection de pale (zone d'effet : 500 m)

ETUDE : Projet Parc Eolien d'ANGRIE	Fond cartographique : ESRI	0 50 100 200
N° Affaire : 000274	Source de données : Calcul IE sur base INERIS	Mètres
Client : SYSCOM	Auteur : CJ	1:8 000
		Seule l'échelle métrique est garantie

Figure 12 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E3



Aire de l'étude de dangers (500 m)	Constructions	Rayon des scénarios étudiés (à titre indicatif) :	
Eoliennes	Exploitation agricole	Chute de glace/éléments (zone d'effet : 46m)	
Poste de livraison	Canalisations gaz	Effondrement (zone d'effet : 150 m)	
Chemins et plateformes	Sentiers de randonnées	Projection de glace (zone d'effet : 294m)	
Zones d'habitation		Projection de pale (zone d'effet : 500 m)	

ETUDE : Projet Parc Eolien d'ANGRIE

N° Affaire : 000274 | **Client :** SYSCOM

Fond cartographique : ESRI
Source de données : Calcul IE sur base INERIS
Auteur : CJ

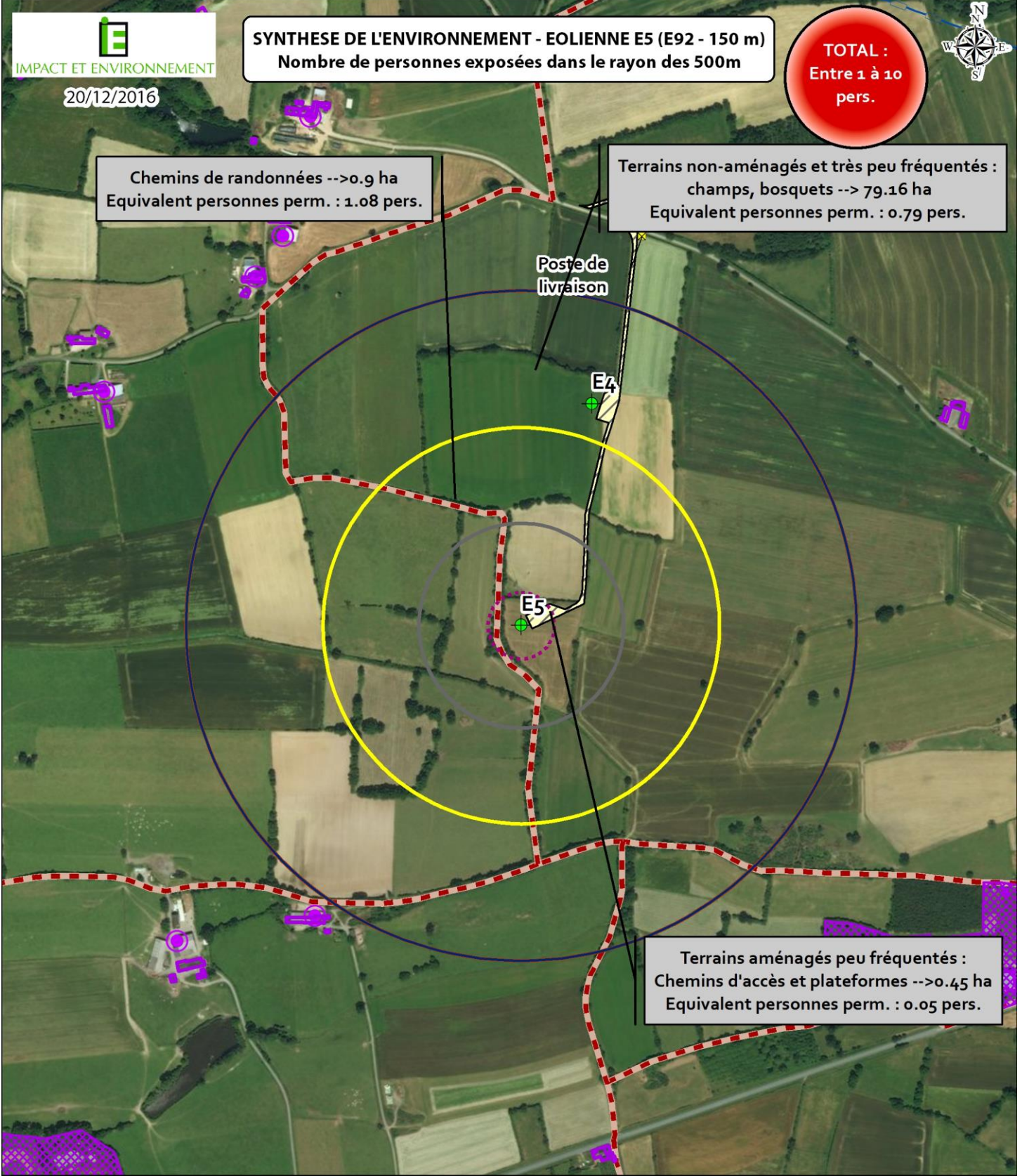
0 50 100 200
Mètres
1:8 000
Seule l'échelle métrique est garantie

Figure 13 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E4



Chemins de randonnées --> 0.9 ha
Equivalent personnes perm. : 1.08 pers.

Terrains non-aménagés et très peu fréquentés :
champs, bosquets --> 79.16 ha
Equivalent personnes perm. : 0.79 pers.



Terrains aménagés peu fréquentés :
Chemins d'accès et plateformes --> 0.45 ha
Equivalent personnes perm. : 0.05 pers.

Aire de l'étude de dangers (500 m)	Constructions	<u>Rayon des scénarios étudiés (à titre indicatif) :</u>	
Eoliennes	Zones d'habitation	Chute de glace/éléments (zone d'effet : 46m)	
Poste de livraison	Canalisation gaz	Effondrement (zone d'effet : 150 m)	
Chemins et plateformes	Sentiers de randonnées	Projection de glace (zone d'effet : 294m)	
Exploitation agricole		Projection de pale (zone d'effet : 500 m)	

ETUDE : Projet Parc Eolien d'ANGRIE
N° Affaire : 000274 | **Client :** SYSCOM

Fond cartographique : ESRI
Source de données : Calcul IE sur base INERIS
Auteur : CJ

0 50 100 200
Mètres
1:8 000
Seule l'échelle métrique est garantie

Figure 14 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E5

IV. 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 (chapitre V), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

IV.1. CARACTÉRISTIQUES DE L'INSTALLATION

IV.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 aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe IV.3.1) :

- 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 ;
- Éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

❖ Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, les aérogénérateurs (ou éoliennes) sont définis comme un dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Le rotor** qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- **Le mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
- **La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - le multiplicateur qui démultiplie le nombre de tour par minute (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
 - le système de freinage mécanique ;
 - le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
 - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
 - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

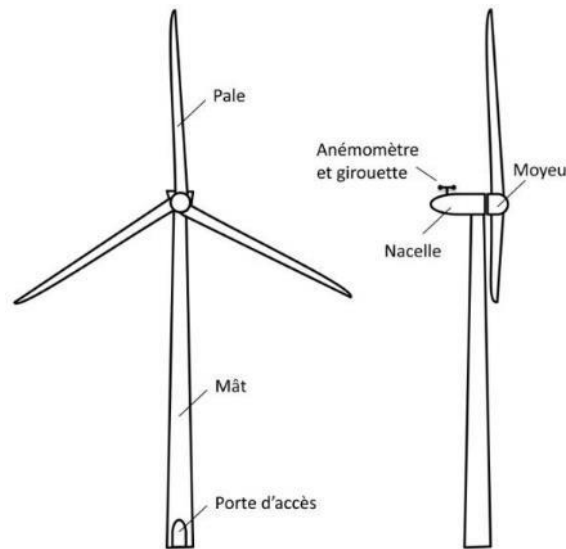


Figure 15 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

❖ Emprise au sol

Plusieurs emprises au sol sont nécessaires pour la construction et l'exploitation des parcs éoliens :

- **La surface de chantier** est une surface temporaire, durant la phase de construction, destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes.
- **La fondation de l'éolienne** est recouverte de terre végétale. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol.
- **La zone de surplomb ou de survol** correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât.
- **La plateforme** correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et de la configuration du site d'implantation.

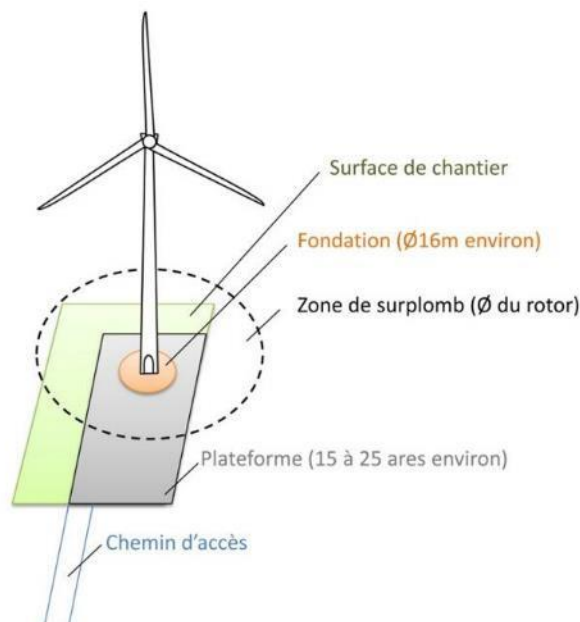


Figure 16 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

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

❖ Chemins d'accès

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

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

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

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

IV.1.2. ACTIVITÉ DE L'INSTALLATION

L'activité principale du **Parc Eolien ANGRIE** est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de 106.4m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

IV.1.3. COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le **Parc éolien d'ANGRIE** est composé de 5 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 104 mètres (hauteur de la tour de 102.4m, hauteur en haut de nacelle de 106.4 mètres) et un diamètre de rotor de 92 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 150 mètres.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison dans les systèmes de coordonnées Lambert 93 et WGS 84 :

Tableau 6 : Coordonnées des éoliennes et du poste de livraison

	Commune	N° parcelle	Altitude (sol)	Altitude (bout de pale)	Coord. Lambert 93	Coord. WGS 84
E1	ANGRIE	E 296 E 297	50 m	200 m	X : 400878 Y : 6728788	N 47°35'29.7" W 000°58'54.5"
E2	ANGRIE	E 304	47 m	197 m	X : 400771 Y : 6728454	N 47°35'18.7" W 000°58'58.8"
E3	ANGRIE	A 147	49 m	199 m	X : 400424 Y : 6727471	N 47°34'46.3" W 000°59'13.0"
E4	ANGRIE	A 71	58 m	208 m	X : 400322 Y : 6727133	N 47°34'35.2" W 000°59'17.1"
E5	ANGRIE	A 508	62* m	212* m	X : 400215 Y : 6726799	N 47°34'24.2" W 000°59'21.4"
Poste de livraison	ANGRIE	E 309	49 m	/	X : 400397 Y : 6727385	N 47°34'43.5" W 000°59'14.1"

* Altitude affichée en prenant en compte le décaissement de 1 m qui sera réalisé au droit de l'éolienne afin de respecter le plafond altimétrique imposé par le couloir de vol de basse altitude de l'Armée.

Le plan disposé sur la page suivante permet de localiser les différents éléments composants du **Parc Eolien ANGRIE** (éoliennes, poste de livraison, plateformes, chemins d'accès et câbles électriques). A noter que des plans détaillés de chaque aménagement sont fournis dans l'étude d'impact et le permis de construire.

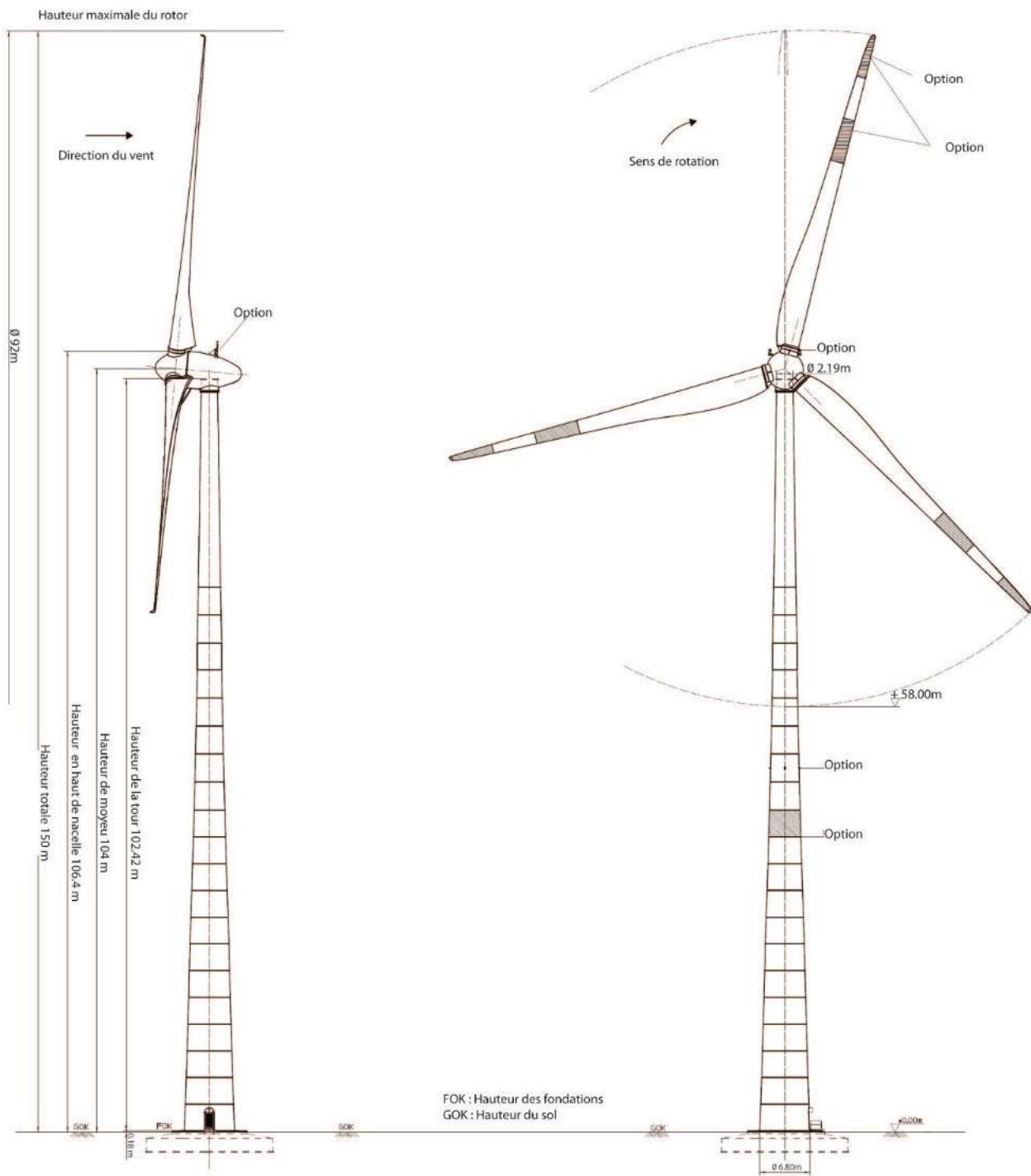
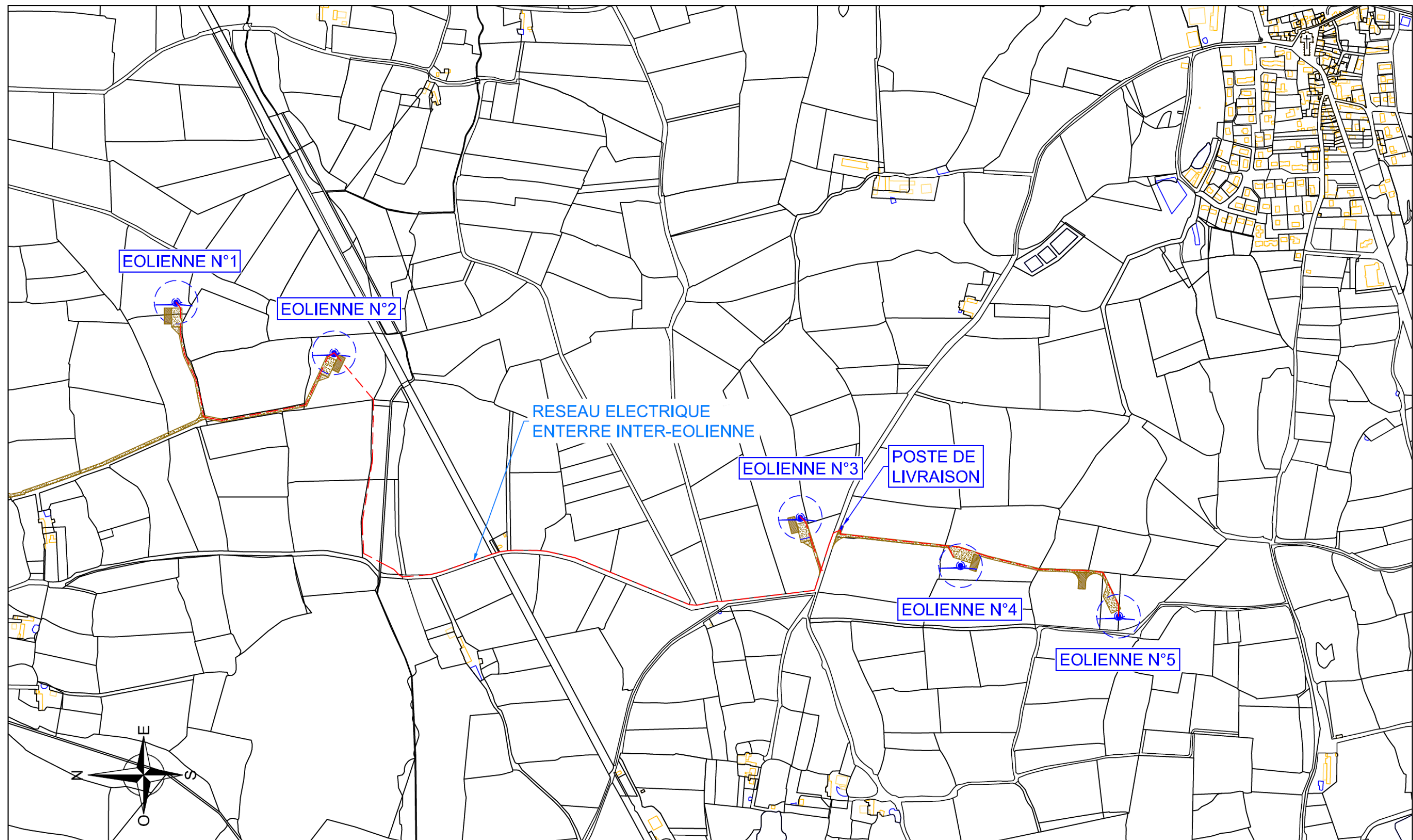


Figure 17 : Plan d'élévation éolienne E92-150m (Source : ENERCON)







ECHELLE: 1/7500 0 100 200 300 400 500m		LEGENDE  EOLIANNE ENERCON E92-R104  RESEAU ELECTRIQUE ENTERRE INTER-EOLIENNE  CHEMIN D'ACCES	
 <p>SYSCOM Energies Renouvelables ZA des Métaïries II - BP 48 - NIVILLAC 56130 LA ROCHE BERNARD Tél: 02 99 90 87 07 Fax: 02 99 90 73 08</p>	Projet PARC EOLIEN ANGRIE		Titre RESEAU ELECTRIQUE INTER-EOLIENNES
	Date 20/06/2014 Chef de projet G. MARÇAIS Dessinateur L.PALVADEAU		ENERCON E92-R104

Figure 18 : Plan de l'installation projetée

IV.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

IV.2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AÉROGÉNÉRATEUR

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque **l'anémomètre** (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre «lent» lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

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

Pour un aérogénérateur de 2,5 MW par exemple, la production électrique atteint 2 500 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

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

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

Une présentation détaillée des différents éléments constitutifs des aérogénérateurs utilisés pour ce projet est effectuée au sein de l'étude d'impact. Ceux-ci sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 7 : Description des différents éléments constitutifs d'une éolienne

<i>Élément de l'installation</i>	<i>Fonction</i>	<i>Caractéristiques</i>
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	<i>Diamètre total : 17.6 m Diamètre de la surface émergeant du sol : 9.5 m Hauteur de la surface émergeant du sol : 0.2 m Profondeur : 2.95 m Volume de béton : 460 m³</i>
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	<i>Structure : béton et acier Diamètre de la base : 6.8 m Hauteur du mât seul : 102.42m Hauteur du mât + nacelle : 106.78 m</i>
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	<i>Structure : résine époxy & fibres de verre Nombre de pales : 3 Diamètre du rotor : 92 m Hauteur de moyeu : 104 m Axe et orientation : horizontal face au vent Vitesse : de 5 à 16 tours/min</i>

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
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	<i>Nacelle profilée</i> <i>Hauteur en haut de nacelle : 106.4 m</i> <i>Générateur annulaire fixé au moyeu et tournant à la même vitesse que le rotor (absence de multiplicateur).</i> <i>Système d'orientation : palier d'orientation composé de six moteurs et d'une couronne permettant de faire tourner la nacelle et de l'orienter face au vent.</i> <i>Freins : de type aérodynamique (mise en « drapeau » des pales) et mécanique</i> <i>Tension produite : 690V</i>
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	<i>Positionnement : Intégré dans la base du mât</i> <i>Tension transformée : Alternatif (50Hz) – 20 000V</i>
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	<i>Dimension : L= 7.68 m ; l = 2.68 m ; h = 2.55 m</i> <i>Habillage : Métallique</i> <i>Tension : 20 000V</i>

IV.2.2. SÉCURITÉ DE L'INSTALLATION

La description détaillée des différents systèmes de sécurité de l'installation sera quant à elle effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans la partie VII.6.

L'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation ainsi qu'aux principales normes et certifications applicables à l'installation. Cela concerne notamment :

- **Article 3 : Eloignement des habitations/zones d'habitations et installation nucléaire**

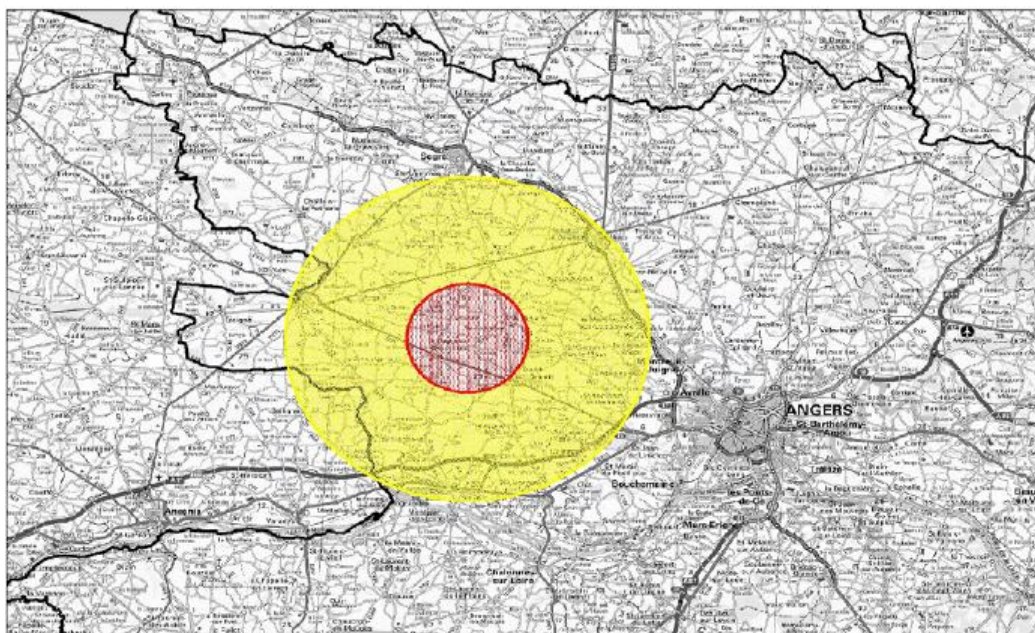
→ Les éoliennes se situeront à plus de 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 (Cf. III.1.1 Zones urbanisées). Par ailleurs, elles seront aussi situées à plus de 300m d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d'une installation classée pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 mai 2000 susvisé en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables

- **Article 4 : Protection des radars et aides à la navigation**

→ Les éoliennes seront implantées de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens. Le tableau ci-dessous résume les distances minimales d'éloignement que les éoliennes doivent respecter (sauf en cas d'accord avec l'autorité compétente) :

		Distance minimale d'éloignement (en kilomètre)
Radar météorologique	Bande de fréquence X	10
	Bande de fréquence C	20
	Bande de fréquence S	30
Radar de l'aviation civile	VOR (Visual Omni Range)	15
	Radar secondaire	16
	Radar primaire	30
Radar des ports (navigation maritime et fluviale)	Radar de centre régional de surveillance et de sauvetage	10
	Radar portuaire	20

En Pays de la Loire, la DREAL a établi fin 2011 un document intitulé « *Eolien terrestre - Recensement des espaces sous contrainte liés aux radars et aux aéroports* ». D'après ce dernier, la commune d'ANGRIE est concernée par la VOR située au Louroux-Béconnais située à environ 11 km. Le projet de parc éolien est donc situé en zone de coordination (5 à 15 km autour de la VOR) et doit donc veiller à implanter un nombre limité d'éoliennes afin de ne pas perturber le fonctionnement de cet équipement.



Espaces sous contrainte	Contraintes induites vis-à-vis de l'éolien
zone de protection (5 km autour du VOR)	zone d'exclusion
zone de coordination (de 5 à 15 km autour du VOR)	L'implantation d'éoliennes peut être envisagée mais en nombre limité.

Figure 19 : Espaces contraints par la VOR du Louroux-Béconnais (Source : DREAL)

En complément, une consultation des organismes concernés (DGAC, Armée de l'Air et Météo-France) a été menée pour le projet (Cf. Annexe 7).

- **Articles 5&6 : Ombres projetées et champs électromagnétiques**
→ Non concerné par l'étude de dangers car non relatif à la sécurité de l'installation (Cf. étude d'impact)
- **Article 7 : Accès extérieurs**
→ Le parc éolien disposera de voies d'accès carrossables entretenues permettant l'intervention des services d'incendie et de secours.
- **Article 8 : Normes**
→ Les éoliennes prévues sont conformes à la norme NF EN 61 400-1 (version de juin 2006) ou CEI 61 400-1 (version de 2005) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne. L'installation sera aussi conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation

- **Article 9 : Foudre**
→ Cf. Fonction de sécurité N°6 « **Prévenir les effets de la foudre** »

- **Article 10 : Installations électriques**
→ Les installations électriques internes seront conformes aux dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables. Les installations électriques extérieures seront conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente.

- **Article 11 : Balisage**
→ Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile. Il respecte ainsi les dispositions exposées au sein de l'arrêté du 13 novembre 2009 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques. D'autre part, les défauts de balisage sont remontés par le SCADA (warning 190:1 & défaut 190:2) sous forme de « Warning SCADA ». Le statut 190:2 est envoyé par SMS aux clients ayant souscrit à l'option SMS Messaging, et / ou par courrier électronique avec l'option Email Messaging.

- **Article 12 : Suivi Avifaune/Chiroptères**
→ Non concerné par l'étude de dangers car non relatif à la sécurité de l'installation (Cf. étude d'impact)

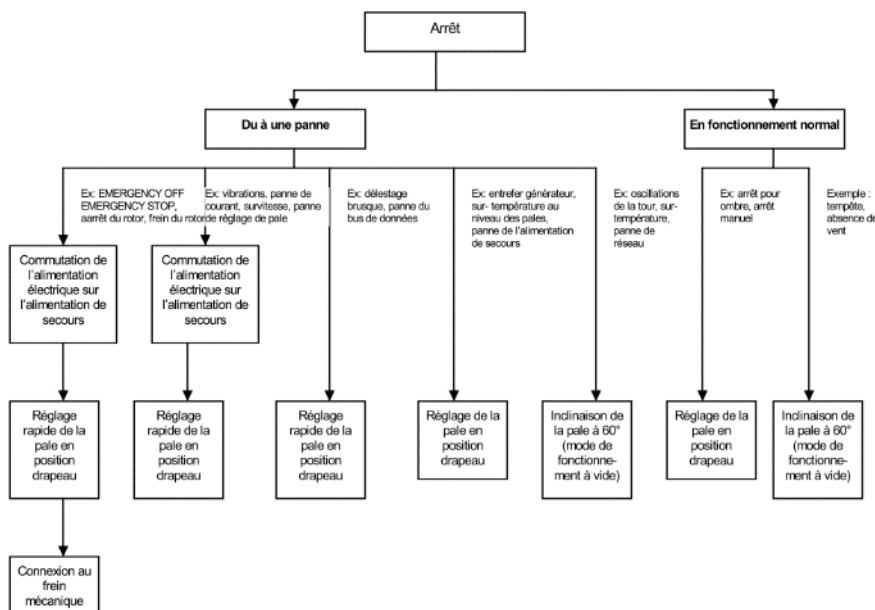
- **Article 13 : Accès interne aux installations**
→ Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont bien fermés à clef. De plus il est précisé dans les protocoles de maintenance de refermer les installations au moment de partir. Il est possible d'installer en option une détection d'ouverture de porte soit par contacteur, soit par capteur de présence. L'information est relayée via le système SCADA.

- **Article 14 : Affichage sécurité**
→ Des pictogrammes concernant l'interdiction de pénétrer dans les aérogénérateurs et le risque électrique sont installés sur la porte d'entrée des aérogénérateurs et du poste de livraison.

Le propriétaire du parc veillera aussi à procéder à un affichage visible des prescriptions à observer par les tiers aux abords du parc. Ce dernier comprendra notamment les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale et la mise en garde face au risque de chute de glace (Cf. Fonction de sécurité N°2 « **Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace** »).

- **Article 15 : Procédure d'arrêt et survitesse**
→ Les éoliennes E-92 disposent d'un système de détection de fumée et de survitesse, d'un capteur de vibration et d'oscillation, détection de glace/givre. En cas d'activation de l'un de ces capteurs, la machine se met à l'arrêt automatiquement.

Les éoliennes E-92 disposent aussi de différents systèmes d'arrêt se déclenchant automatiquement ou manuellement en cas de panne ou de conditions défavorables. Ces derniers sont résumés ci-dessous :



En cas d'urgence (ex : coupure réseau), chaque pale du rotor est mise en sécurité en position de drapeau par son propre système de réglage de pale d'urgence alimenté par batterie. L'état de charge et la disponibilité des batteries sont garantis par un chargeur automatique. L'orientation des pales est synchronisée par un dispositif électromécanique, par l'intermédiaire des unités d'urgence de réglage de pale.

L'alimentation parallèle garantie en cas d'urgence (réseau ou batteries), associée aux trois entraînements de pales entièrement indépendants, résulte en un concept de sûreté intégré qui fait plus que remplir les exigences imposant deux systèmes indépendants de freinage (« à sûreté intégrée »).

Par ailleurs, avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalisera des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprennent : un arrêt ; un arrêt d'urgence ; un arrêt depuis un régime de survitesse.

Après la mise en service, l'exploitant réalisera annuellement 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 notamment un régime de survitesse. Pour ce dernier cas de figure, l'« overspeed test » est réalisé s'il y a assez de vent. Si le vent n'est pas suffisant, alors une vérification de la liberté de mouvement du capteur est réalisée, suivie d'une inscription dans le WEC journal de la non-réalisation de ce test afin qu'il soit fait plus tard lorsque les conditions de vent le permettent. Si le test s'avère non-conforme, un réglage du capteur overspeed est effectué.

▪ **Article 16 : Entretien – stockage de matériaux combustibles/inflammables**

→ Durant leur formation, les techniciens reçoivent la consigne de maintenir propre les aérogénérateurs et de ne pas y entreposer de matériaux, combustible et inflammable ou non. Leur support de formation basique électrique/mécanique le stipule explicitement. Des rappels réguliers sont effectués lors des rappels sécurité qu'ils suivent tous les 6 mois.

▪ **Article 17 : Formation du personnel**

→ Cf. Fonction de sécurité N°10 « Prévenir les erreurs de maintenance »

▪ **Article 18 : Contrôle de l'aérogénérateur**

→ Cf. Fonction de sécurité N°9 « Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) ». Contrôle annuel des systèmes instrumentés de sécurité

lors de la maintenance électrique : rotor lock sensors, Torque monitoring system, capteur d'accélération transversale & longitudinale, détecteur de bruit dans la nacelle, positions limite des pales, air gap (génératrice), détecteur de bruit dans le spinner, détecteurs de fumée...

▪ **Article 19 : Suivi maintenance/entretien**

→ Les manuels machine en Français sont installés dans les aérogénérateurs. La nature et la fréquence des maintenances y sont précisées dans le paragraphe correspondant. Le livre de bord (log book) de la machine est rempli par les techniciens à chaque intervention, préventive ou curative, avec le détail des opérations réalisées. Il est également demandé aux éventuels sous-traitants de le remplir.

▪ **Articles 20&21 : Déchets**

→ Non concerné par l'étude de dangers car non relatif à la sécurité de l'installation (Cf. étude d'impact)

▪ **Article 22 : Consignes de sécurité du personnel**

→ Le personnel en charge de l'exploitation et la maintenance du parc éolien reçoit une formation spécifique relative à la sécurité (Cf. Fonction de sécurité N°10 « **Prévenir les erreurs de maintenance** »). Des diagrammes explicitant le comportement de la machine et des techniciens en cas de panne sont fournis en annexe (Cf. annexe 6). Concernant les procédures d'alerte, un panneau reprenant les numéros de téléphone d'urgence est affiché au pied de l'aérogénérateur. Le détail des procédures indiquant les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité est fourni au personnel habilité (CEX : Chargé d'exploitation, Mainteneurs : ENERCON SERVICE France SAS tél : 03 44 37 35 13/ 06 82 89 93 26).

▪ **Article 23 : Détection incendie/survitresse**

→ Cf. Fonctions de sécurité N°4 « **Prévenir la survitresse** » et N°7 « **Protection et intervention incendie** »

▪ **Article 24 : Lutte incendie**

→ Cf. Fonction de sécurité N°7 « **Protection et intervention incendie** »

▪ **Article 25 : Détection glace**

→ Cf. Fonction de sécurité N°1 « **Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace** »

▪ **Article 26, 27 & 28 : Bruit**

→ Non concerné par l'étude de dangers car non relatif à la sécurité de l'installation (Cf. étude d'impact)

IV.2.3. OPÉRATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

Les opérations de maintenance de l'installation seront conformes aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées [9] en matière d'exploitation. Elles seront réalisées par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Celui-ci connaîtra de

plus les procédures à suivre en cas d'urgence et procèdera à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.

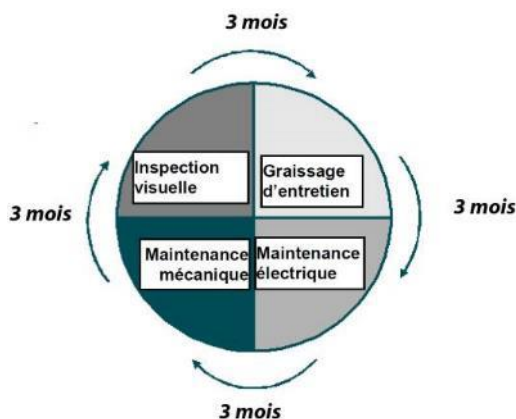
Il s'agira notamment d'effectuer :

- un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.
- un entretien visant à maintenir en bon état et propres les installations électriques ainsi que l'intérieur de l'aérogénérateur. Ces installations seront contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.
- 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 suivant une périodicité qui ne peut excéder un an.
- un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât trois mois, puis un an après la mise en service industrielle. Ce contrôle se fera ensuite suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans.
- un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité selon une périodicité qui ne peut excéder un an.

Par ailleurs l'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. L'exploitant tient à jour pour chaque installation un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.

Les éoliennes ENERCON feront ainsi l'objet de plusieurs types de maintenance :

▪ **Maintenance préventives**



Les maintenances préventives, garantes du bon fonctionnement des machines à long terme, se décomposent en 4 phases et sont effectuées à tour de rôle chaque trimestre qui suit la mise en service.

× Maintenance visuelle : Contrôle visuel de tous les organes principaux, structurels (mât ; échelles ; ascenseurs etc...), électriques (câbles ; connexions apparentes etc...) et mécaniques.

× Maintenance visuelle / graissage : Vérification et mise à niveau de tous les organes de graissage (cartouches ; pompes à graisse ; graisseurs).

- × Maintenance visuelle/électrique : Contrôle de tous les organes de production et de régulation (Génératrice ; armoires de puissance ; collecteur tournant) ainsi que de tout élément électrique (éclairage ; capteurs de sécurité).
- × Maintenance visuelle/mécanique : Contrôle des boulons de tour, vérification des couples de serrage selon protocole défini, maintien des câbles et accessoires, moteurs d'orientation, poulies et treuils.

▪ **Maintenance curatives**

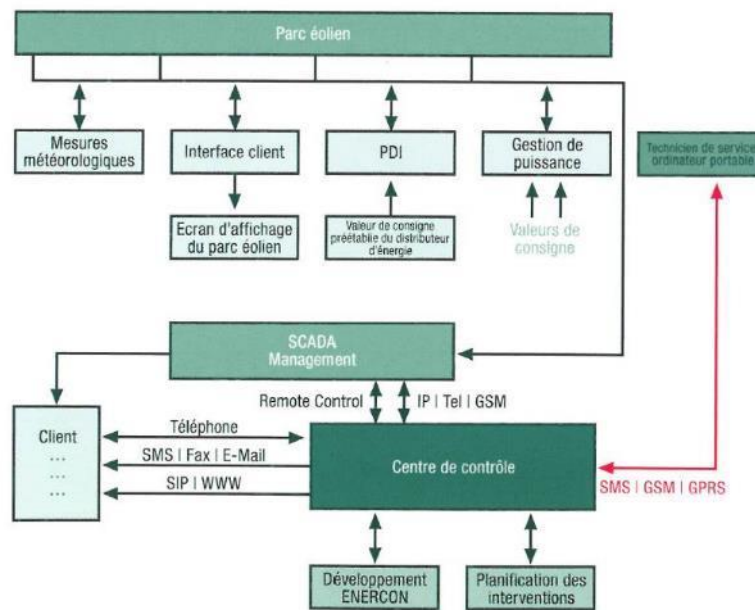
Chaque éolienne ENERCON est reliée via une connexion par modem au système central de surveillance à distance.

Si une machine signale un problème ou un défaut, le centre du service après-vente ainsi que l'antenne locale de service sont immédiatement avertis par l'intermédiaire du système de surveillance à distance, SCADA.

Le message est automatiquement saisi par le logiciel de planification des interventions ENERCON et apparaît sur l'écran du technicien de service sédentaire.

Moyennant un dispositif de localisation spécialement développé, le système de planification des interventions détecte l'équipe en service qui se trouve le plus près de l'éolienne en question.

A l'aide de *pentops* (ordinateurs portables très robustes qui sont connectés au centre de service après-vente), les équipes sur le terrain peuvent accéder à tous les documents et données spécifiques à l'éolienne. Chaque opération de maintenance est ainsi réalisée le plus efficacement et le plus rapidement possible.



IV.2.4. 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 **Parc Eolien ANGRIE**.

Par ailleurs, durant leur formation, les techniciens reçoivent la consigne de maintenir propre les aérogénérateurs et de ne pas y entreposer de matériaux, combustible et inflammable ou non. Leur support de formation basique électrique/mécanique le stipule explicitement. Des rappels réguliers sont effectués lors des rappels de sécurité qu'ils suivent tous les 6 mois.

IV.3. FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX DE L'INSTALLATION

IV.3.1. RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE

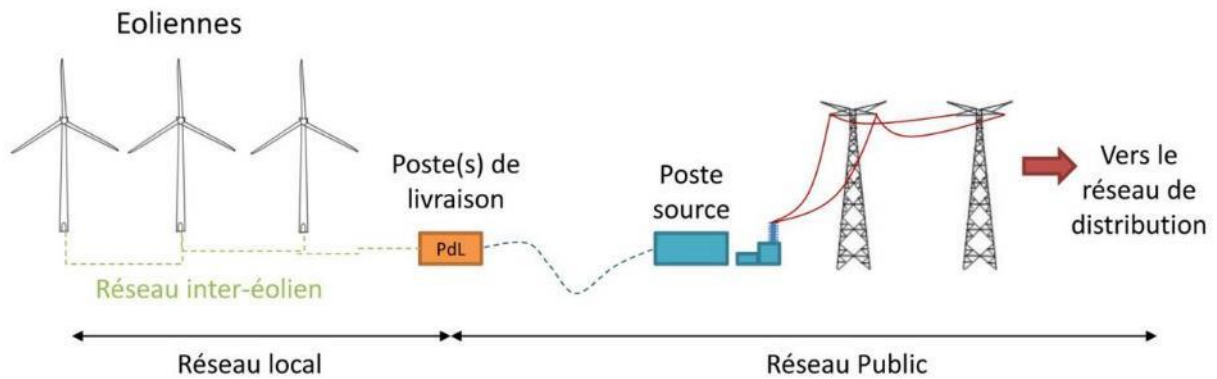


Figure 20 : Raccordement électrique des installations

❖ Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne⁵, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm.

Pour le projet de la **Société d'Exploitation Eolienne ANGRIE**, le tracé des câbles empruntera, depuis les transformateurs intégrés à la base du mât des éoliennes, les bas-côtés des chemins d'accès qui auront été créés ou les limites des parcelles exploitées dès que possible. A noter que sa présence au sein des parcelles cultivées ne présente pas de contrainte particulière compte tenu de sa profondeur. L'itinéraire probable du raccordement interne du parc est présenté sur le plan de masse présenté précédemment dans ce rapport.

Les installations électriques extérieures respecteront les normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009).

❖ Poste de livraison

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

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

Dans le cas du **Parc Eolien d'ANGRIE**, un seul poste de livraison sera installé. Il sera implanté au début du chemin d'accès créé pour l'accès à E4 et E5, le long de la route communale.

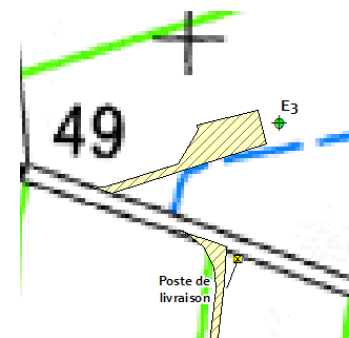


Figure 21 : Localisation du poste de livraison

❖ Réseau électrique externe

⁵ Si le transformateur n'est pas intégré au mât de l'éolienne, il est situé à l'extérieur du mât, à proximité immédiate, dans un local fermé.

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

Pour le **Parc éolien d'ANGRIE**, le raccordement pourra se faire avec le poste de FREIGNE situé à environ 6 km au Sud-Ouest. Ces travaux seront réalisés par ERDF, qui définira précisément l'itinéraire et les modalités de passage des câbles lors de l'établissement de la "convention de raccordement" réalisée après l'obtention du permis de construire. Le passage de câble fera l'objet des procédures de sécurité en vigueur. Pour la traversée des départementales et des voies communales, des mesures de sécurité seront prises afin de garantir la sécurité des ouvriers et celle des automobilistes. A noter qu'une circulation alternée sera mise en place pour la traversée des routes.

IV.3.2. AUTRES RÉSEAUX

Par ailleurs, le **Parc Eolien d'ANGRIE** 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.

V. 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.

V.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 **Parc Eolien ANGRIE** sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

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

Le tableau ci-après fourni par le constructeur ENERCON synthétise les dangers liés aux produits présents sur site. Ces dangers dépendent de 3 facteurs :

- la nature du produit lui-même et ses caractéristiques dangereuses, traduites par sa classification au sens de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié,
- la quantité de produit stockée ou utilisée,
- les conditions de stockage ou de mise en œuvre.

La majorité des produits entrants sont des lubrifiants permettant le bon fonctionnement des machines. Ils ne sont pas classés comme des produits inflammables mais restent cependant combustibles. La nature de ces produits ainsi que leur volume limité rend le potentiel de danger négligeable, d'autant plus que des mesures sont

prévues en cas de pollution et d'incendie (Cf. Fonctions de sécurité N°7 « **Protection et intervention incendie** » et N°8 « **Prévention et rétention des fuites** »).

Tableau 8 : Caractéristiques des produits utilisés pour l'entretien des éoliennes E92

Produits	Lieu d'utilisation	Quantités maximales stockées / utilisées	Classe de matière dangereuse*	Commentaires
MOBILGEAR OGL 461 (graisse lubrifiante)	Graissage des roues dentées		Xi	Irritant pour la peau, Risque de lésions oculaires graves Incompatibilités : éviter le contact avec les oxydants forts comme le chlore liquide et l'oxygène concentré Point éclair > 204°C
MOBILGEAR SHC 460	Transmission d'orientation	24 litres		Point éclair : 240°C
	Arbre de renvoi	6 litres		
MOBILITH SHC 460	Graissage du palier d'orientation (à roulements) (distributeur automatique de graisse)			Point éclair > 204°C
MOBILTAC 81	Graissage du palier à roulements			Point éclair > 204°C
RENOLIN PG 220 (lubrifiant) RENOLIN PG 46	Frein hydraulique	5 litres	N	Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique. Point éclair : 240°C
RENOLIN UNISYN CLP 220 (lubrifiant)	Transmissions d'orientation	7 litres	N	Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique. Point éclair : 260°C
	Arbre de renvoi	4 à 6 litres		
Klüberplex BEM 41-141 (Graisse)	Graissage des roues dentées			Un contact prolongé avec la peau peut conduire à des irritations de la peau et/ou des dermatites. Point éclair > 250°C
	Graissage du palier d'orientation			
	Graissage du palier à roulements (distributeur automatique de graisse)			
Shell Diala D getr (huile isolante)	Transformateur	360 à 1800 litres		Point éclair : 145°C

*Explosible (E), Comburant (O), Extrêmement inflammable (F+), Facilement inflammable (F), Inflammable (R10), Très toxique (T+), Toxique (T), Nocif (Xn), Corrosif (C), Irritant (Xi), Sensibilisant (R42, R43), Cancérogène (CCx) (x valant 1, 2 ou 3), Mutagène (MCx) (x valant 1, 2 ou 3), Toxique pour la reproduction (RCx) (x valant 1, 2 ou 3), Dangereux pour l'environnement (N)

V.2. POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du **Parc Eolien d'ANGRIE** sont de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 9 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation

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

V.3. RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS À LA SOURCE

V.3.1. PRINCIPALES ACTIONS PRÉVENTIVES

Dans le cadre de la réglementation des ICPE, une distance d'éloignement de 500m de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 a été respectée. Cette règle induit de fait une réduction du nombre de personnes potentiellement exposées. Le contexte majoritairement agricole de l'environnement du projet et l'absence d'autres sources de dangers à proximité (route structurante, voie ferrée ...) réduit les possibilités de mise en œuvre d'autres actions préventives. On notera par ailleurs qu'une distance d'éloignement a été respectée vis-à-vis de la canalisation de transport de gaz traversant la zone (l'éolienne la plus proche E3 se trouvant à plus de 350m de la canalisation).

Pour ce projet, la réduction des potentiels de danger à la source est donc principalement intervenue par le choix d'aérogénérateurs fiables, disposant de différents systèmes de sécurité performants et conformes à la réglementation en vigueur.

V.3.2. UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

L'Union Européenne a adopté un ensemble de règles communes au sein de la directive 96/61/CE du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution, dite directive IPPC (« Integrated Pollution Prevention and Control »), afin d'autoriser et de contrôler les installations industrielles.

Pour l'essentiel, la directive IPPC vise à minimiser la pollution émanant de différentes sources industrielles dans toute l'Union Européenne. Les exploitants des installations industrielles relevant de l'annexe I de la directive IPPC doivent obtenir des autorités des Etats-membres une autorisation environnementale avant leur mise en service.

Les installations éoliennes, ne consommant pas de matières premières et ne rejetant aucune émission dans l'atmosphère, ne sont pas soumises à cette directive.

VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature 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'accident rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie VIII. pour l'analyse détaillée des risques.

VI.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le Parc Eolien ANGRIE. 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

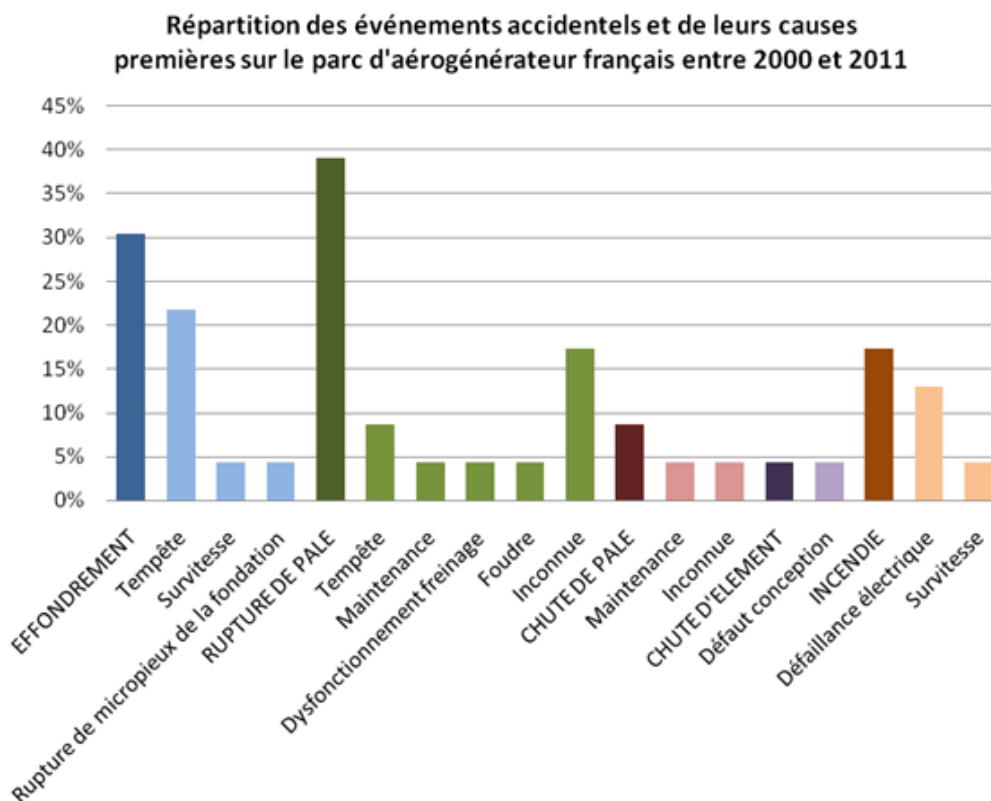
Dans le cadre de ce recensement, il n'a pas été réalisé d'enquête exhaustive directe auprès des exploitants de parcs éoliens français. Cette démarche pourrait augmenter le nombre d'incidents recensés, mais cela concernerait essentiellement les incidents les moins graves.

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

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

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

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



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

A noter qu'une nouvelle consultation de la base de données ARIA⁶ a été menée en juillet 2014 afin de compléter les informations présentées précédemment. Celle-ci a permis de recenser de nouveaux événements ne figurant pas jusqu'alors dans l'accidentologie établie par l'INERIS. Ces derniers sont disponibles en annexe (Cf. Annexe 8).

Ces accidents ne semblent pas remettre en cause l'analyse menée par l'INERIS sur la base précédente et qui est présentée ci-dessous.

VI.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS À L'INTERNATIONAL

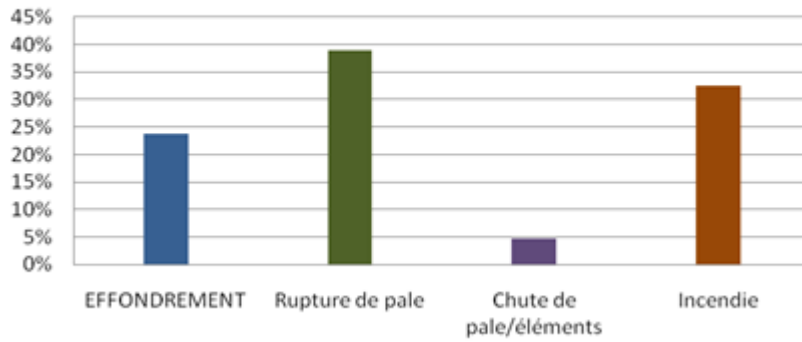
Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010.

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

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

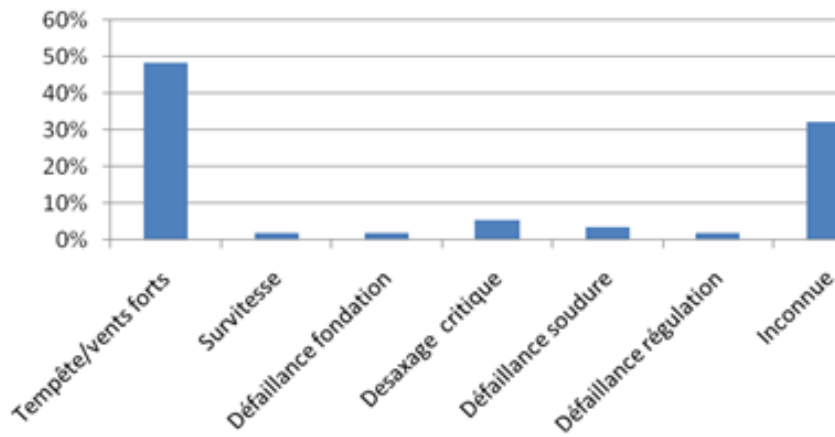
⁶ La base de données ARIA rassemble les informations sur les accidents technologiques survenus en France, notamment au niveau des ICPE.

Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

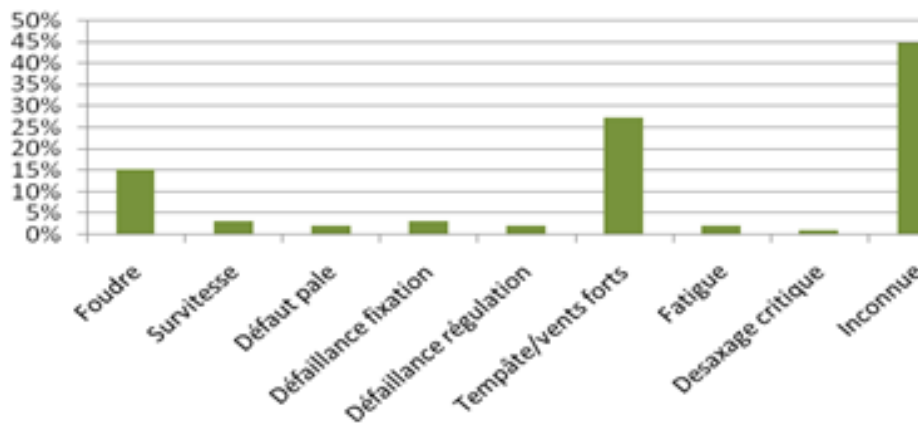


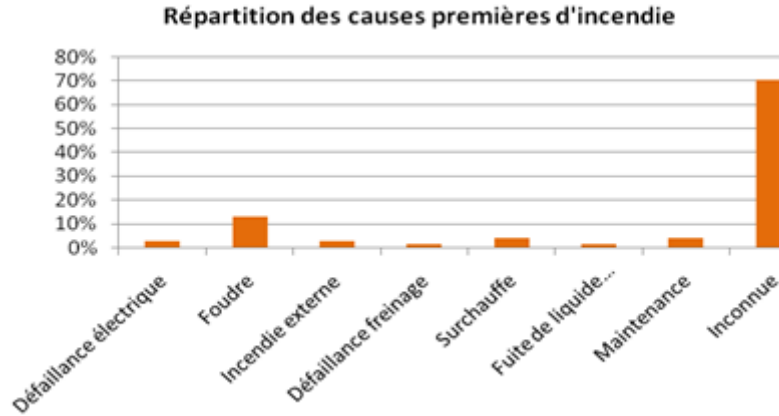
Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

Répartition des causes premières d'effondrement



Répartition des causes premières de rupture de pale





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

VI.3. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

VI.3.1. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

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

Cette tendance s'explique principalement par un parc éolien français assez récent, qui utilise majoritairement des éoliennes de nouvelle génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres. On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accident reste relativement constant :

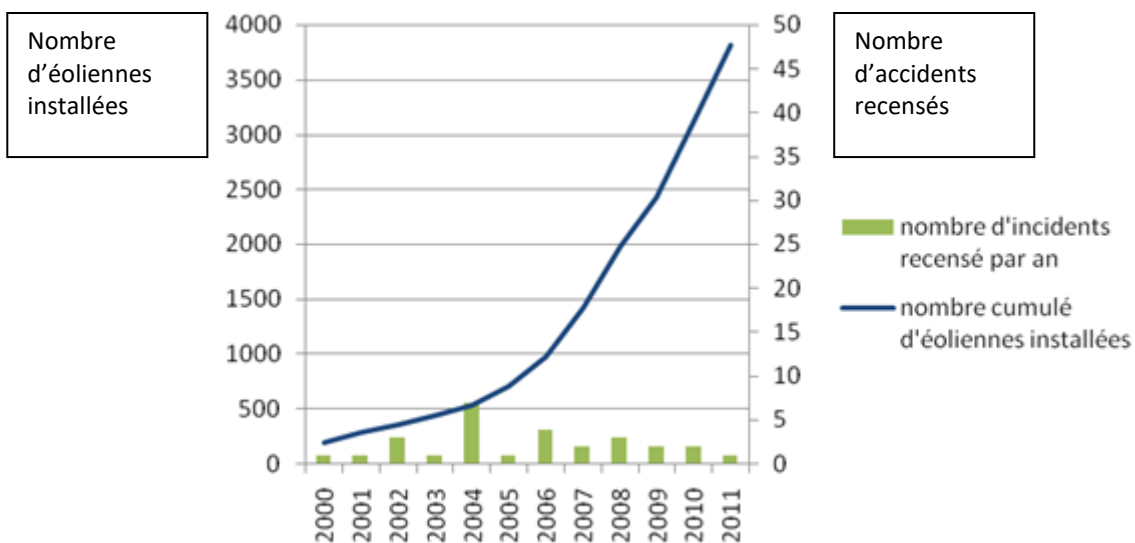


Figure 22 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

VI.3.2. 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**

VI.4. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

Ces retours d'expérience doivent être pris avec précaution. Ils comportent notamment les biais suivants :

- La non-exhaustivité des événements : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique. Dès lors certains événements ne sont pas reportés. En particulier, les événements les moins spectaculaires peuvent être négligés : chutes d'éléments, projections et chutes de glace ;
- La non-homogénéité des aérogénérateurs inclus dans ce retour d'expérience : les aérogénérateurs observés n'ont pas été construits aux mêmes époques et ne mettent pas en œuvre les mêmes technologies. Les informations sont très souvent manquantes pour distinguer les différents types d'aérogénérateurs (en particulier concernant le retour d'expérience mondial) ;
- Les importantes incertitudes sur les causes et sur la séquence qui a mené à un accident : de nombreuses informations sont manquantes ou incertaines sur la séquence exacte des accidents ;

L'analyse du retour d'expérience permet ainsi de dégager de grandes tendances, mais à une échelle détaillée, elle comporte de nombreuses incertitudes.

VII. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

VII.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarios d'accident potentiels pour une installation (ainsi que des mesures de sécurité) basée sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

Les scénarios d'accident sont ensuite hiérarchisés en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences. Cette hiérarchisation permet de « filtrer » les scénarios d'accident qui présentent des conséquences limitées et les scénarios d'accident majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

VII.2. RECENSEMENT DES ÉVÉNEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

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

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

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

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

VII.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. Par exemple, un séisme peut endommager les fondations d'une éolienne et conduire à son effondrement. Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

VII.3.1. AGRESSION EXTERNES LIÉES AUX ACTIVITÉS HUMAINES

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) seront recensées ici, à l'exception de la présence des aérodromes qui sera reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 km et des autres aérogénérateurs qui seront reportés dans un rayon de 500 mètres. Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines :

Tableau 10 : Principales agressions externes liées aux activités humaines

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes (en mètre)				
					E1	E2	E3	E4	E5
Voies de circulation non structurantes (voies communales)	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	/	/	70	/	/

Remarque : les voies communales ont été considérées comme voie de circulation.

On notera la faible présence d'infrastructures à risque, ces dernières étant principalement liées aux voies de circulation (routes communales). Les distances les séparant des aérogénérateurs ainsi que leur faible fréquentation, font apparaître comme négligeable le risque d'agression engendrée par ces éléments.

VII.3.2. AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX PHÉNOMÈNES NATURELS

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux phénomènes naturels :

Tableau 11 : Description des agressions externes potentielles de l'installation éolienne

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	Intensité maximale des vents observée dans le secteur : <150 km/h Zone non-affectée par des cyclones tropicaux.
Foudre ⁷	Densité d'arc : 0,58 arcs / km ² / an (<i>moyenne France : 1.55</i>) Les éoliennes respecteront la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou EN 62 305-3 (Décembre 2006)
Glissement de sols/ affaissement miniers ⁸	Aléa retrait-gonflement d'argile : FAIBLE à NUL Aucun mouvement de terrain et cavités ne sont recensées par le BRGM au sein de la zone d'étude.

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.

De plus, le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques 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 scénarios de rupture de pale.

⁷ Données issues du site METEORAGE : <http://www.meteorage.fr/>

⁸ Données issues des sites web développés par le BRGM : <http://www.argiles.fr/> et <http://www.mouvementsdeterrain.fr/>

VII.4. SCÉNARIOS ÉTUDIÉS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

Le tableau ci-dessous présente une proposition d'analyse générique des risques. Celui-ci est construit de la manière suivante :

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

L'échelle utilisée pour l'évaluation de l'intensité des événements a été adaptée au cas des éoliennes :

- « 1 » correspond à un phénomène limité ou se cantonnant au surplomb de l'éolienne ;
- « 2 » correspond à une intensité plus importante et impactant potentiellement des personnes autour de l'éolienne.

Les différents scénarios 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 scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

Tableau 12 : Analyse générique des risques

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				Prévenir la survitesse (N°4)		
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
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Écoulement 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	Écoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				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)		
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

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

Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe 3.

VII.5. EFFETS DOMINOS

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

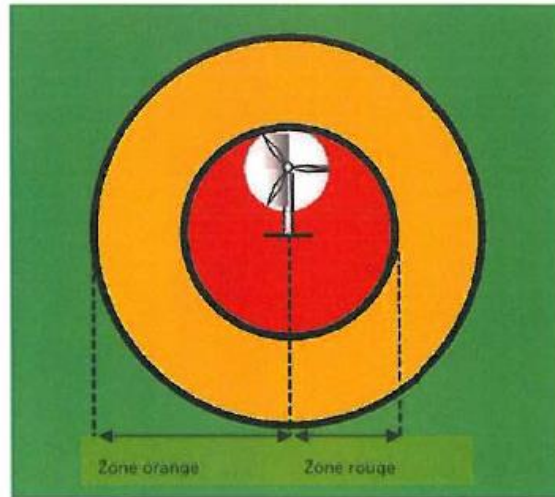
Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques générique présenté ci-dessus.

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

Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est proposé de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres.

Aucune de ces installations n'est présente à proximité du site d'étude du **Parc éolien d'ANGRIE**. C'est la raison pour laquelle, il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.

Concernant la canalisation de gaz, l'étude réalisée par GRTgaz quant au risque d'endommagement de la canalisation par l'effondrement d'une éolienne (Cf. Annexe 5) a permis de définir trois zones spécifiques :



Plan de zonage pour limiter les effets d'une chute de l'éolienne depuis sa base		
ZONE 1 (**)	D >= 274 m	- Aucune mesure n'est nécessaire sur l'ouvrage
ZONE 2 (**)	274 m > D >= 196 m	- Certificat de type - Engagement sur la maintenance + sur les fondations
ZONE 3	D < 196 m	- Zone interdite sauf étude probabiliste au cas par cas+ préconisations demandées en zone 2.

(**) SEUILS DE VITESSE PARTICULAIRE RETENUS :

zone 1: 50 mm/s
zones 2 et 3 : 200 mm/s

Les éoliennes se trouvent toutes à plus de 274m, soit en zone 1, et ne feront donc l'objet d'aucune mesure spécifique. A noter que le poste de livraison se trouve situé à plus de 450m de la canalisation.

Lors de la phase de chantier, une vigilance particulière sera aussi portée sur la canalisation de transport gaz traversant le site du projet, notamment lors du raccordement électrique (passage câbles souterrains). Les instructions formulées par le gestionnaire seront respectées.

Concernant le risque d'effet domino lié à la projection de pale sur la canalisation de gaz, ce dernier peut être considéré comme extrêmement rare. En effet, pour qu'un tel événement arrive il faudrait que le scénario de projection de pale se réalise (probabilité D, soit 10^{-4}) et que, dans le même temps, la pale ou le morceau de pale projeté atteigne la cible située à 370m. Ce second point sous-entend donc que l'éolienne soit orientée de manière favorable (soit dans notre cas pour des vents orientés entre 60° - 160° / 240° - 340°) et que l'élément projeté le soit à la distance considérée. D'après les données météorologiques de la station proche d'ANGERS, ces orientations de vents représentent environ 38% du gisement local. Pour ce qui est de la distance de projection, cette dernière est très difficilement calculable car elle est fonction de nombreux paramètres : vitesse de rotation, vitesse du vent, taille et forme de l'élément projeté... Afin de simplifier, il est possible de calculer le degré d'exposition, c'est-à-dire le rapport entre la surface sensible autour de la canalisation (680m soit la longueur de canalisation * 100m soit un espace tampon de 50m de part et d'autre de la canalisation) et la zone d'effet globale du phénomène ($376\ 200\ m^2$). Cela donne donc un degré d'exposition de 18%. En résumé, la probabilité qu'un tel événement survienne peut être approchée de la manière suivante :

$$P = 10^{-4} * 0.38 * 0.18 = 6.8 * 10^{-6}$$

Cette probabilité est donc de type E (inférieure à 10^{-5}) soit « extrêmement rare ».

VII.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SÉCURITÉ

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur les éoliennes du **Parc éolien d'ANGRIE**. 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 scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Note 1 : Pour certaines mesures de maîtrise des risques, certains de ces critères peuvent ne pas être applicables. Il convient alors de renseigner le critère correspondant avec l'acronyme « NA » (Non Applicable).

Note 2 : Certaines mesures de maîtrise des risques ne remplissent pas les critères « efficacité » ou « indépendance » : elles ont une fiabilité plus faible que d'autres mesures de maîtrise des risques. Celles-ci peuvent néanmoins être décrites dans le tableau ci-dessous dans la mesure où elles concourent à une meilleure sécurité sur le site d'exploitation.

Tableau 13 : Fonctions de sécurité de l'installation

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection du givre et de mise à l'arrêt de la machine Procédure adéquate de redémarrage		
Description	Des profilés aérodynamiques haut de gamme sont utilisés pour les pales de rotor, afin d'obtenir un rendement optimal sur une large plage de fonctionnement. Les		

	<p>caractéristiques aérodynamiques de ces profilés réagissent très sensiblement aux modifications des contours et de la rugosité causées par le givre. La modification importante des caractéristiques de fonctionnement qui en résulte pour l'éolienne (rapport vent/vitesse de rotation/puissance/angle de pale) est utilisée par le système de détection de givre/glace. Par ailleurs, lorsque la température dépasse +2 °C sur la nacelle, les rapports de fonctionnement spécifiques à l'éolienne (vent/puissance/angle des pales) sont identifiés comme étant des valeurs moyennes à long terme. Pour des températures inférieures à +2 °C (conditions de givre), les données de fonctionnement actuelles sont comparées aux valeurs moyennes à long terme.</p> <p>Pour cela, une plage de tolérance, déterminée de manière empirique, est définie autour de la courbe de puissance et de la courbe d'angle de pale. Celle-ci se base sur des simulations, des essais et plusieurs années d'expérience sur un grand nombre d'éoliennes de types variés. Si les données de fonctionnement concernant la puissance ou l'angle de pale sont hors de la plage de tolérance, dans le cadre d'une prise glissante de moyennes, l'éolienne est stoppée avec l'état principal 14 « Ice detection » (dépôt de glace).</p> <p>Le principe de détection de glace/ givre avec le procédé de la courbe de puissance est utilisé en série dans toutes les éoliennes munies de pales réglables et sa vraisemblance a été certifié par le TÜV Nord (n° rapport TÜV 8104206760). Une fois l'éolienne arrêtée, il existe différentes possibilités pour effectuer le redémarrage qui sont détaillées ci-dessous :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Redémarrage automatique : Les aérogénérateurs sont programmés pour redémarrer automatiquement dès que l'ensemble des conditions définies pour que ce redémarrage soit possible sont remplies (température extérieure et temporisation selon cette température) - Redémarrage manuel (3 possibilités) : <ul style="list-style-type: none"> 1°/ Le client vérifie sur site l'absence de glace et redémarre la machine directement à l'armoire de contrôle. 2°/ Le client vérifie sur site l'absence de glace et demande à Enercon Service France de démarrer la machine à distance. Pour cela un formulaire est disponible, le client doit le signer et le transmettre dûment rempli par fax à chaque fois que l'opération est nécessaire. 3°/ Le client vérifie sur site l'absence de glace et redémarre la machine à partir de l'ordinateur de gestion du parc éolien. Ceci est possible uniquement si le système Scada "Linux" est intégré sur le parc éolien. Avec un ordinateur Scada fonctionnant sous DOS, cette opération n'est pas réalisable.
Indépendance	Non
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. La maintenance électrique menée annuellement permet de contrôler le bon fonctionnement des systèmes instrumentés de sécurité conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		

Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %. (Nous 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 lors des différentes visites d'entretien/maintenance.

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de T° pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	Lors de la détection d'une sur-température au niveau des pièces mécaniques, les pales de l'éolienne E-92 se mettent automatiquement en position drapeau, afin de brider voire arrêter la rotation jusqu'à refroidissement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
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. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. La maintenance électrique menée annuellement permet de contrôler le bon fonctionnement des systèmes instrumentés de sécurité.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	<p>Systèmes de bridage et coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis (Cf. fonction de sécurité n°11 « Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort »)</p> <p>Les éoliennes E-92 disposent par ailleurs de capteurs détectant l'incendie et la survitesse. ENERCON prévient l'exploitant en cas de détection d'incendie ou de survitesse grâce à un système d'alarme SMS et/ou email en plus de l'accès direct à la supervision par Enercon Scada Remote.</p> <p>Un système de surveillance complet garantit la sécurité de l'éolienne. Toutes les fonctions pertinentes pour la sécurité (ex : vitesse du rotor, températures, charges, vibrations...) sont surveillées par un système électronique et, en plus, là où cela est requis, par l'intervention à un niveau hiérarchique supérieur de capteurs mécaniques. L'éolienne est immédiatement arrêtée si l'un des capteurs détecte une anomalie. Ainsi l'éolienne déclenche son arrêt automatique lorsque l'un des capteurs de sécurité réagit (« smoke » ou « overspeed-detecting »). La nature de l'arrêt et le fait qu'ensuite l'éolienne redémarre ou non, dépendent du défaut survenu. En cas d'activation de l'un de ces deux capteurs seul le déplacement d'un mainteneur en haut de nacelle pour activer un code d'accès spécifique peut faire redémarrer l'éolienne.</p> <p>En cas de coupure électrique : commutation de l'alimentation électrique sur l'alimentation de secours. Réglage rapide de chaque pale en position drapeau (frein aérodynamique) grâce à trois moteurs indépendants alimentés par batterie. Le rotor et l'arbre d'entraînement ne sont pas bloqués totalement et peuvent continuer à tourner à très basse vitesse afin de réduire les charges auxquelles ils sont soumis.</p>		

	NB1 : Une seule pale en position de drapeau suffit à stopper la survitesse d'une éolienne NB2 : l'utilisation du frein mécanique et l'arrêt complet du rotor n'est réalisé qu'en cas d'arrêt manuel d'urgence EMERGENCY STOP.
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. Le bon fonctionnement des capteurs fait par ailleurs l'objet d'une surveillance lors de la maintenance électrique fait tous les ans. En cas de déclenchement des capteurs, un message de défaut est envoyé par le système de surveillance à distance. Selon le capteur concerné, l'éolienne peut continuer de fonctionner pour un temps déterminé. Pour certains capteurs, il faut par contre stopper l'éolienne immédiatement et remédier au défaut.

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupage 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 de 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. La maintenance électrique menée annuellement permet de contrôler le bon fonctionnement des systèmes instrumentés de sécurité.		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Pointe, bords et base des pales équipés de profilés aluminium absorbant la foudre qui est déviée vers la terre par un éclateur et des câbles. On trouve un autre paratonnerre à l'arrière de la nacelle qui dévie les courants de foudre dans la terre.		

	<p>Si la foudre tombe ou en cas de hausses de tension inhabituelles (surtensions), l'ensemble des systèmes électriques et électroniques est protégé par des composants fixes intégrés qui absorbent l'énergie. Tous les principaux composants conducteurs de l'éolienne sont reliés aux barres de compensation de potentiel par des câbles de section suffisamment grande. Un système parafoudre à éclateurs, mis à la terre par basse impédance, est en outre installé sur la borne principale de l'éolienne.</p> <p>Le système électronique de l'éolienne, logé dans des carters métalliques, est découplé par un dispositif électrique. Le système de surveillance à distance est protégé par un module spécial de protection pour interfaces de données.</p>
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	/
Maintenance	<p>Le contrôle du système de protection contre la foudre fait partie de la maintenance normale des machines. Une vérification visuelle générale est effectuée à chaque maintenance (donc tous les 3 mois) conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011. Elle inclut la vérification des dommages mécaniques dus à la foudre sur une pale si le système pare-foudre n'a pas fonctionné.</p> <p>Plus spécifiquement lors de la maintenance électrique, les contrôles particuliers sont effectués (vérification de la discharge box, sur chaque pale, vérification de l'anneau de décharge et de la position et de l'état du lightning rod, vérification des pièces installées à l'extérieur de la nacelle (anémomètre ultrasonique ou à coupelles, balisage, visibility meter),</p>

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	<p>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</p> <p>Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle</p> <p>Intervention des services de secours</p>		
Description	<p>Détecteurs d'incendie 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 (Cf. fonction de sécurité n°4 « Prévenir la survitesse »).</p> <p>Au niveau de la lutte contre l'incendie, l'éolienne dispose de deux extincteurs : un à son sommet et un à son pied, positionnés de manière bien visible et facilement accessibles. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	<p>< 1 minute pour les détecteurs, l'alarme et le lancement du système d'extinction automatique</p> <p>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.</p>		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	<p>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.</p> <p>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.</p>		

	La maintenance électrique menée annuellement permet de contrôler le bon fonctionnement des systèmes instrumentés de sécurité.
--	---

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

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités		
Description	<p>La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne.</p> <p>Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	<p>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 300 à 1000h de fonctionnement, soit 12 à 40 jours après la mise en fonctionnement. Les boulons sont par la suite vérifiés par échantillonnage lors de la maintenance annuelle. Si un boulon défectueux est détecté, alors une vérification</p>		

	<p>mécanique de tous les boulons est entreprise à l'aide d'une clé dynamométrique. Un contrôle visuel de la machine, y compris le mât, est effectué à chaque maintenance, soit tous les 3 mois.</p> <p>Cela répond aux exigences de l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. (< 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans).</p>
--	--

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance et formation du personnel		
Description	<p>Un manuel ainsi qu'un livre de bord sont installés dans chaque aérogénérateur. Le premier spécifie la nature et la fréquence des maintenances à réaliser alors que le second recense chaque intervention préventive ou curative avec le détail des opérations réalisées.</p> <p>Les nouveaux techniciens sont formés d'un point de vue théorique à la sécurité dans les aérogénérateurs avant de faire leur première visite dans l'un d'entre eux. Cette formation comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la sécurité lors du travail en hauteur - l'évacuation sur échelle - description de l'évacuation en cas d'incendie <p>Ils suivent la formation pour l'habilitation électrique de base avant de rejoindre la base de maintenance à laquelle ils sont affectés. Les renouvellements de formation sécurité ont lieu tous les 6 mois. Ces formations font l'objet d'une note dans le carnet de chaque technicien qui les suit, carnet qu'il doit avoir avec lui en permanence. Chaque technicien reçoit également un titre d'habilitation électrique, renouvelé tous les 3 ans.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	<p>Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents.</p> <p>Détection et prévention des vents forts et tempêtes</p> <p>Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite</p>		
Description	<p>Les éoliennes ENERCON E-92 disposent d'un mode STORM CONTROL qui permet de réduire progressivement (à partir de 28m/s) la puissance par l'inclinaison des pâles (frein aérodynamique). L'éolienne s'arrête également si l'angle maximum admis pour les pâles est dépassé. Un anémomètre gelé ne constitue donc pas un risque pour la sécurité. Dans tous les cas, l'éolienne passe en fonctionnement au ralenti. Ce n'est que lorsque la vitesse de vent s'élève à environ 34 m/s que l'éolienne est totalement stoppée. Ce dispositif permet d'améliorer le comportement électrique sur le réseau et d'optimiser la production des éoliennes. L'éolienne démarre automatiquement lorsque la vitesse du vent tombe en dessous de la vitesse de vent de coupure (31 m/s) pendant 10 minutes consécutives.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 min		
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	Le bon fonctionnement des capteurs fait par ailleurs l'objet d'une surveillance lors de la maintenance électrique fait tous les ans. En cas de déclenchement des capteurs, un message de défaut est envoyé par le système de surveillance à distance. Selon le capteur concerné, l'éolienne peut continuer de fonctionner pour un temps déterminé. Pour certains capteurs, il faut par contre stopper l'éolienne immédiatement et remédier au défaut.
--------------------	---

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

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

VII.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

Tableau 14 : Liste des scénarios exclus

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	<p>En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.</p> <p>Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.</p>
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	<p>En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)</p>
Infiltration d'huile dans le sol	<p>En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.</p> <p>Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.</p>

Les cinq catégories de scénarios 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 scénarios 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.

VIII. ETUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

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

VIII.1. RAPPEL DES DÉFINITIONS

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

Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et de toxique.

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

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

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

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

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

VIII.1.1. CINÉTIQUE

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13], la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou de « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

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

VIII.1.2. INTENSITÉ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

VIII.1.3. GRAVITÉ

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

Tableau 15 : Seuils de gravité et d'intensité en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes

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

VIII.1.4. PROBABILITÉ

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

Tableau 16 : Classes de probabilité

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.	$\leq 10^{-5}$

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.

VIII.2. CARACTÉRISATION DES SCÉNARIOS RETENUS

VIII.2.1. EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

❖ Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit **150 m** dans le cas des éoliennes du **Parc éolien d'ANGRIE**.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (références [5] et [6]). Les risques d'atteinte d'une personne ou d'un bien en dehors de cette zone d'effet sont négligeables et ils n'ont jamais été relevés dans l'accidentologie ou la littérature spécialisée.

❖ Intensité

Le phénomène d'effondrement de l'éolienne peut être d'intensité variable compte tenu des nombreuses variables possibles : localisation du point de rupture (premier tiers, milieu, nacelle) et rotation ou non des pales lors de l'effondrement. Dans notre cas, le choix a été fait de calculer un degré d'exposition correspondant au ratio entre la surface du rotor et la surface du mât, d'une part, et la superficie de la zone d'effet du phénomène, d'autre part.

Cela peut être traduit de la sorte :

$$d = Z_I / Z_E$$

$$Z_I = H * L + 3 * R * LB / 2$$

$$Z_E = \pi * (Hm + R)^2$$

Avec D : degré d'exposition, Z_I : zone d'impact, Z_E : zone d'effet, H : la hauteur du mât, L : la largeur moyenne du mât, R : la longueur de pale, LB : la largeur de la base de la pale et Hm : la hauteur de moyeu.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas de du **Parc éolien d'ANGRIE**. R est la longueur de pale ($R = 46\text{m}$), H la hauteur du mât ($H = 106.4\text{m}$) et L la largeur moyenne du mât ($L = 4.5\text{ m}$) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 4\text{m}$).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale : 150 m)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = 106.4 * 4.5 + 3 * 46 * 4 / 2$ La zone d'impact est de 755 m^2	$Z_E = \pi * (106.4 + 46)^2$ La zone d'effet est de $70\,685.8 \text{ m}^2$	$d = Z_I / Z_E$ 1.07% ($1\% < x < 5\%$)	Exposition forte

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

❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), 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.

Si le phénomène de chute d'élément engendre une zone d'exposition forte :

- Plus de 100 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »
- Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « Modéré »

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale : 150m)		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E1	Au plus 1 personne	Sérieux
E2	Au plus 1 personne	Sérieux
E3	Au plus 1 personne	Sérieux
E4	Au plus 1 personne	Sérieux
E5	Au plus 1 personne	Sérieux

❖ Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Specification of minimum distances [6]	$1,8 \times 10^{-4}$ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience⁹, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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

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

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

⁹ 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.

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**

Cadrage INERIS :

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 10 personnes sont exposées et, dans le cas où plus de dix personnes sont exposées dans la zone d'effet d'un aérogénérateur, l'exploitant pourra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place.

Il est également rappelé que la bonne pratique est de préserver une distance d'isolement égale à la hauteur totale de l'éolienne entre l'aérogénérateur et les autoroutes.

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

Effondrement de l'éolienne		
(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale : 150m)		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le Parc éolien d'ANGRIE, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.2.2. CHUTE DE GLACE

❖ **Considérations générales**

Les périodes de gel et l'humidité de l'air peuvent entraîner, dans des conditions de température et d'humidité de l'air bien particulières, une formation de givre ou de glace sur l'éolienne, ce qui induit des risques potentiels de chute de glace.

Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concerné par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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

❖ Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le **Parc éolien d'ANGRIE**, la zone d'effet a donc un rayon de 46 mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

❖ Intensité

Pour le phénomène de chute de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du **Parc éolien d'ANGRIE**. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale ($R= 46m$), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG= 1 m^2$).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ (zone de survol) = 46m)			
<i>Zone d'impact en m^2</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié en m^2</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i>	<i>Intensité</i>
$Z_I = 1$	$Z_E = \pi \times 46^2$ = 6 648	$d = Z_I / Z_E$ 0,01% ($< 1\%$)	Exposition modérée

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

❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), 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.

Si le phénomène de chute d'élément engendre une zone d'exposition modérée :

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

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ (zone de survol) = 46m)		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E1	< 1 personne	Modéré

E2	< 1 personne	Modéré
E3	< 1 personne	Modéré
E4	< 1 personne	Modéré
E5	< 1 personne	Modéré

❖ 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

Cadrage INERIS :

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

Dans le cas contraire, l'exploitant devra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 (zone de survol) = 46m)		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le Parc éolien d'ANGRIE, 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. En complément, il est proposé d'installer un panneau supplémentaire le long du chemin de randonnée traversant la zone de surplomb de pales associée à l'éolienne E5.

VIII.2.3. CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

❖ Zone d'effet

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor. Pour le **Parc éolien d'ANGRIE**, la zone d'effet a donc un rayon de 46 mètres.

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du **Parc éolien d'ANGRIE**. D est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R = 46\text{m}$) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 4\text{m}$).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 (zone de survol) = 46m)			
<i>Zone d'impact en m²</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié en m²</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i>	<i>Intensité</i>
$Z_I = 46 \times 4 / 2$ = 92	$Z_E = \pi \times 46^2$ = 6 648	$d = Z_I / Z_E$ 1.38% (1% < x < 5%)	Exposition forte

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

❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), 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.

Si le phénomène de chute d'élément engendre une zone d'exposition forte :

- Plus de 100 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »
- Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « Modéré »

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 (zone de survol) = 46m)		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E1	Au plus 1 personne exposée	« Sérieux »
E2	Au plus 1 personne exposée	« Sérieux »
E3	Au plus 1 personne exposée	« Sérieux »
E4	Au plus 1 personne exposée	« Sérieux »
E5	Au plus 1 personne exposée	« Sérieux »

❖ 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 » : « *Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ».

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

❖ Acceptabilité

Cadrage INERIS :

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

Dans le cas contraire, l'exploitant devra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 (zone de survol) = 46m)		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1	« Sérieux »	Acceptable
E2	« Sérieux »	Acceptable
E3	« Sérieux »	Acceptable
E4	« Sérieux »	Acceptable
E5	« Sérieux »	Acceptable

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

VIII.2.4. PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

❖ Zone d'effet

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

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

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

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

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du **Parc éolien d'ANGRIE**. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R= 46\text{m}$) et LB la largeur de la base de la pale ($LB= 4\text{m}$).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = 46 \times 4 / 2$ = 92	$Z_E = \pi \times 500^2$ = 785 400	$d = Z_I / Z_E$ 0.01% (< 1 %)	Exposition modérée

❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3., 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.

Si le phénomène de chute d'élément engendre une zone d'exposition modérée :

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

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	< 1 personne	Modéré
E2	< 10 personnes	Sérieux
E3	< 10 personnes	Sérieux
E4	< 10 personnes	Sérieux
E5	< 10 personnes	Sérieux

❖ Probabilité

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

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit $7,66 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an).

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

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

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

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

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

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

❖ Acceptabilité

Cadrage INERIS :

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

Si le nombre de personnes permanentes (ou équivalent) est supérieur à ces chiffres, l'exploitant peut engager une étude supplémentaire pour déterminer le risque d'atteinte de l'enjeu à l'origine de ce niveau de gravité et vérifier l'acceptabilité du risque.

Le cas échéant, des mesures de sécurité supplémentaires pourront être mises en place pour améliorer l'acceptabilité du risque.

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

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

Ainsi, pour le Parc éolien d'ANGRIE, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.2.5. PROJECTION DE GLACE

❖ Zone d'effet

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

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

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

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures [17]. A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace. Dans le cas du **Parc éolien d'ANGRIE**, cela équivaut donc à une distance de $1,5 \times (104 + 92) = 294$ m.

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du **Parc éolien d'ANGRIE**. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R = 46\text{m}$), H la hauteur au moyeu ($H = 104\text{m}$), et SG la surface majorante d'un morceau de glace ($SG = 1\text{m}^2$).

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne = 294m)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = 1$	$Z_E = \pi \times (1,5 \times (104 + 2 \times 46))^2$ $= 271\,547$	$d = Z_I / Z_E$ $3,68 \times 10^{-4} \%$ ($< 1 \%$)	Exposition modérée

❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3., 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.

Si le phénomène de chute d'élément engendre une zone d'exposition modérée :

- Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique »

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

Il a été observé dans la littérature disponible [17] qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. **La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.**

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de glace et la gravité associée (Cf. calculs détaillés en annexe) :

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne = 294m)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	< 1 personne	Modéré
E2	< 1 personne	Modéré
E3	< 1 personne	Modéré
E4	< 1 personne	Modéré
E5	< 1 personne	Modéré

❖ 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

Cadrage INERIS :

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

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne = 294m)			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E1	Modéré	oui	Acceptable
E2	Modéré	oui	Acceptable

E3	Modéré	oui	Acceptable
E4	Modéré	oui	Acceptable
E5	Modéré	oui	Acceptable

Ainsi, pour le Parc éolien d'ANGRIE, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

VIII.3.1. TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité.

Tableau 17 : Synthèse des paramètres de risques pour chaque scénario retenu

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (150 m)	Rapide	Exposition forte	D	Sérieux
Chute de glace	Zone de survol (46 m)	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol (46 m)	Rapide	Exposition forte	C	Sérieux
Projection de pale/morceaux de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Modéré (E1)
					Sérieux (E2, E3, E4 et E5)
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne (294 m)	Rapide	Exposition modérée	B	Modéré

VIII.3.2. SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

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

Tableau 18 : Synthèse de l'acceptabilité des risques

GRAVITÉ	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Effondrement Projection pale (E2, E3, E4 et E5)	Chute élément		
Modéré		Projection pale (E1)		Projection glace	Chute glace

Légende de la matrice

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice
- certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie VII.6 sont mises en place.

VIII.3.3. CARTOGRAPHIE DES RISQUES

A l'issue de la démarche d'analyse des risques, une carte de synthèse des risques est présentée pour chaque aérogénérateur. Elle fait apparaître, pour les scénarios détaillés dans le tableau de synthèse :

- les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques,
- les zones d'effet de chaque phénomène dangereux,
- l'intensité et la probabilité des différents phénomènes dangereux dans chaque zone d'effet,
- le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet et la gravité qui en découle,
- le niveau d'acceptabilité du risque.

SYNTHESE DES RISQUES - EOLIENNE E1 (E92 - 150 m)



CHUTE GLACE/ELEMENTS (zone effet : 46m)
 Intensité : Modérée (glace) à forte (éléments)
 Probabilité : A (glace) à C (éléments)
 Nombre de personnes exposées : Au plus 1 pers.
 Gravité : Modérée (glace) à Sérieux (éléments)
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

PROJECTION GLACE (zone effet : 294m)
 Intensité : Modérée
 Probabilité : B
 Nombre de personnes exposées : < 1 pers.
 Gravité : Modérée
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

EFFONDREMENT (zone effet : 150m)
 Intensité : Forte
 Probabilité : D
 Nombre de personnes exposées : Au plus 1 pers.
 Gravité : Sérieux
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

PROJECTION PALE/FRAGMENTS (zone effet : 500m)
 Intensité : Modérée
 Probabilité : D
 Nombre de personnes exposées : < 1 pers.
 Gravité : Modérée
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

- Aire de l'étude de dangers (500 m)
- Eoliennes
- Poste de livraison
- Chemins et plateformes
- Exploitation agricole
- Constructions
- Zones d'habitation
- Canalisation gaz
- Sentiers de randonnées

ETUDE : Projet Parc éolien d'ANGRIE		Fond cartographique : ESRI	0 50 100 200
N° Affaire : 000274	Client : SYSCOM	Source de données : Calcul IE sur base INERIS	Mètres
		Auteur : CJ	1:8 000
			Seule l'échelle métrique est garantie

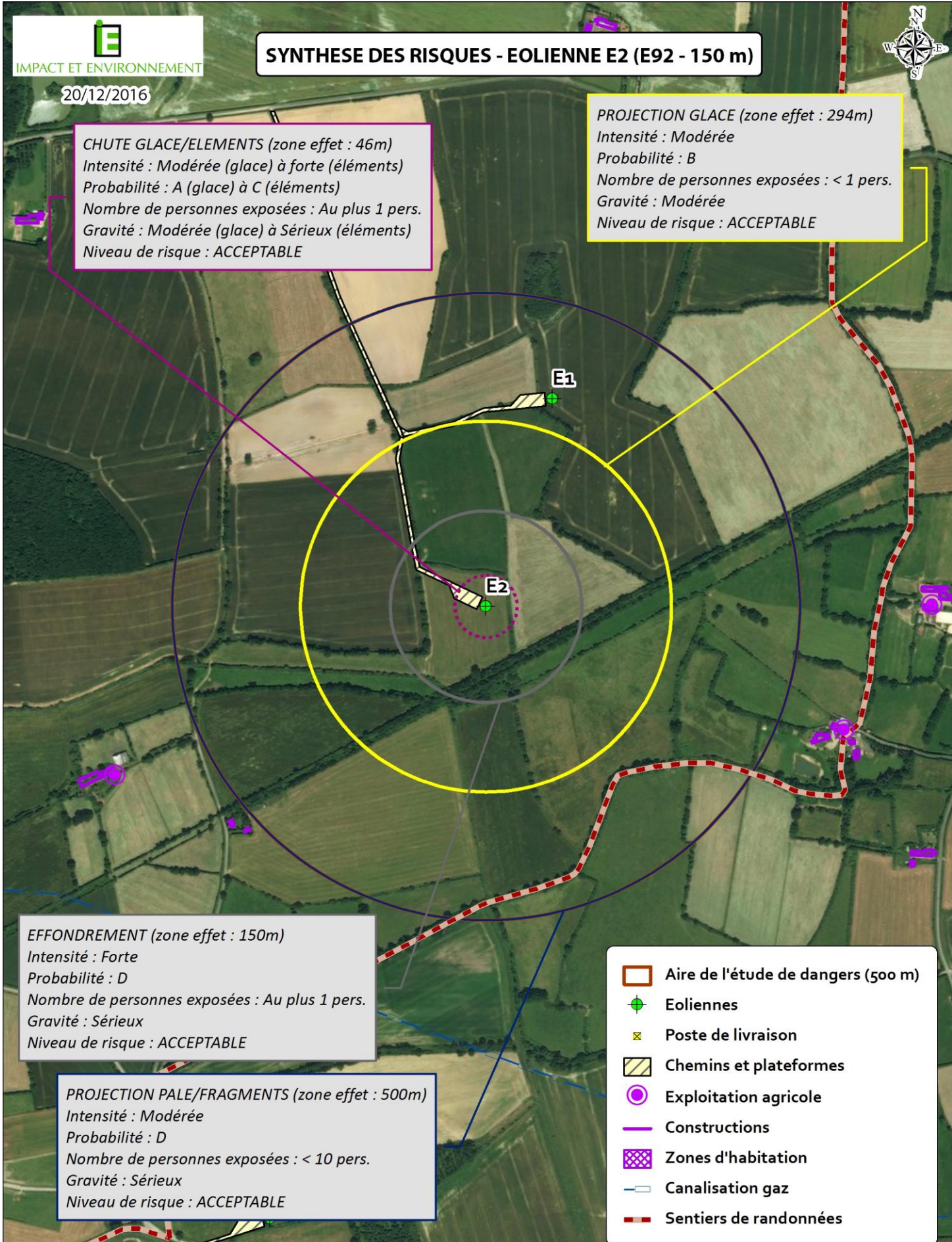
Figure 23 : Synthèse des risques au niveau de l'éolienne E1



20/12/2016

CHUTE GLACE/ELEMENTS (zone effet : 46m)
 Intensité : Modérée (glace) à forte (éléments)
 Probabilité : A (glace) à C (éléments)
 Nombre de personnes exposées : Au plus 1 pers.
 Gravité : Modérée (glace) à Sérieux (éléments)
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

PROJECTION GLACE (zone effet : 294m)
 Intensité : Modérée
 Probabilité : B
 Nombre de personnes exposées : < 1 pers.
 Gravité : Modérée
 Niveau de risque : ACCEPTABLE



EFFONDREMENT (zone effet : 150m)
 Intensité : Forte
 Probabilité : D
 Nombre de personnes exposées : Au plus 1 pers.
 Gravité : Sérieux
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

PROJECTION PALE/FRAGMENTS (zone effet : 500m)
 Intensité : Modérée
 Probabilité : D
 Nombre de personnes exposées : < 10 pers.
 Gravité : Sérieux
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

- Aire de l'étude de dangers (500 m)
- Eoliennes
- Poste de livraison
- Chemins et plateformes
- Exploitation agricole
- Constructions
- Zones d'habitation
- Canalisation gaz
- Sentiers de randonnées

ETUDE : Projet Parc éolien d'ANGRIE

N° Affaire : 000274 | **Client :** SYSCOM

Fond cartographique : ESRI
 Source de données : Calcul IE sur base INERIS
 Auteur : CJ

0 50 100 200
 Mètres
 1:8 000
 Seule l'échelle métrique est garantie

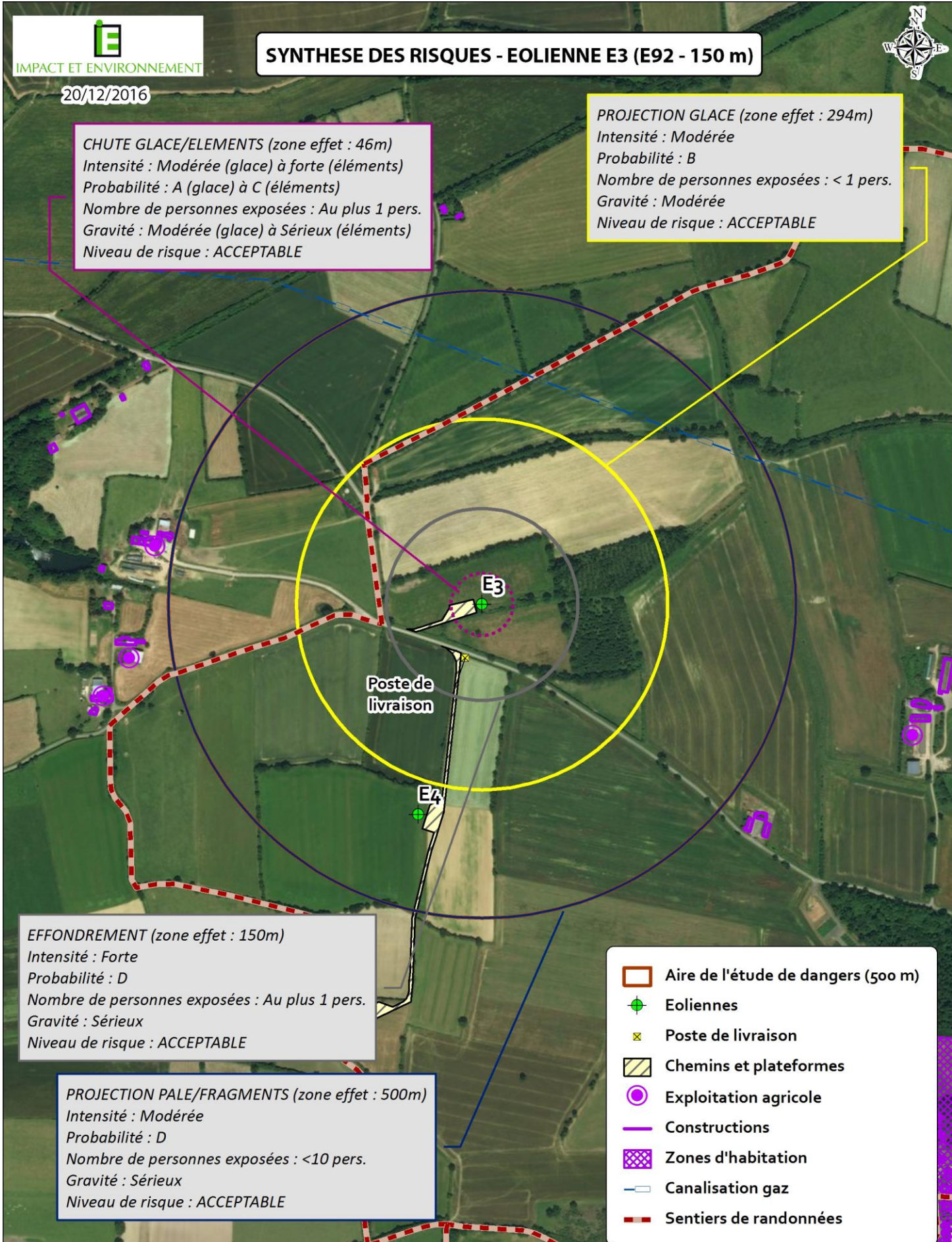
Figure 24 : Synthèse des risques au niveau de l'éolienne E2



20/12/2016

CHUTE GLACE/ELEMENTS (zone effet : 46m)
 Intensité : Modérée (glace) à forte (éléments)
 Probabilité : A (glace) à C (éléments)
 Nombre de personnes exposées : Au plus 1 pers.
 Gravité : Modérée (glace) à Sévère (éléments)
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

PROJECTION GLACE (zone effet : 294m)
 Intensité : Modérée
 Probabilité : B
 Nombre de personnes exposées : < 1 pers.
 Gravité : Modérée
 Niveau de risque : ACCEPTABLE



EFFONDREMENT (zone effet : 150m)
 Intensité : Forte
 Probabilité : D
 Nombre de personnes exposées : Au plus 1 pers.
 Gravité : Sévère
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

PROJECTION PALE/FRAGMENTS (zone effet : 500m)
 Intensité : Modérée
 Probabilité : D
 Nombre de personnes exposées : <10 pers.
 Gravité : Sévère
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

- Aire de l'étude de dangers (500 m)
- Eoliennes
- Poste de livraison
- Chemins et plateformes
- Exploitation agricole
- Constructions
- Zones d'habitation
- Canalisation gaz
- Sentiers de randonnées

ETUDE : Projet Parc éolien d'ANGRIE

N° Affaire : 000274 | **Client :** SYSCOM

Fond cartographique : ESRI
 Source de données : Calcul IE sur base INERIS
 Auteur : CJ

0 50 100 200
 Mètres
 1:8 000
 Seule l'échelle métrique est garantie

Figure 25 : Synthèse des risques au niveau de l'éolienne E3

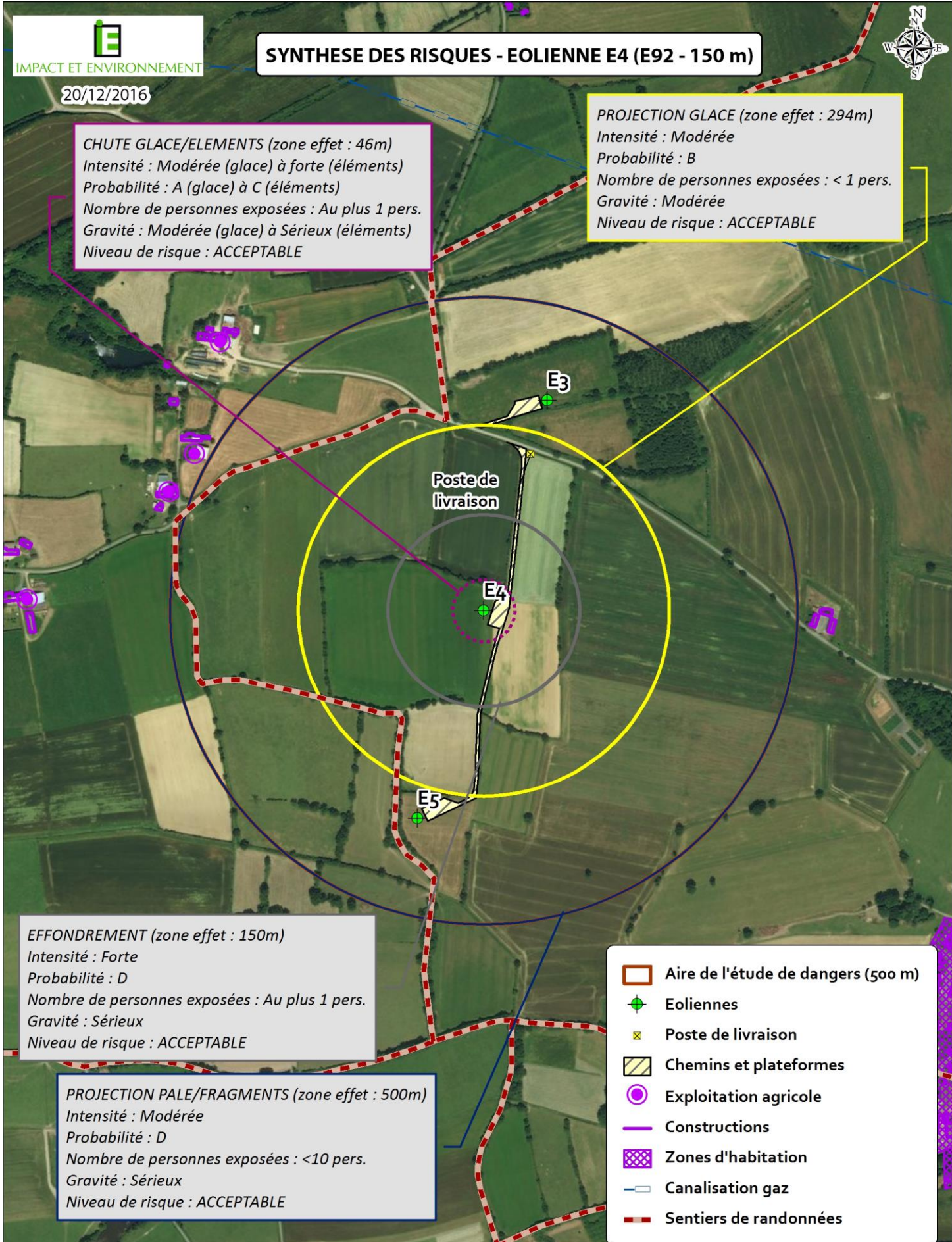


SYNTHESE DES RISQUES - EOLIENNE E4 (E92 - 150 m)



CHUTE GLACE/ELEMENTS (zone effet : 46m)
 Intensité : Modérée (glace) à forte (éléments)
 Probabilité : A (glace) à C (éléments)
 Nombre de personnes exposées : Au plus 1 pers.
 Gravité : Modérée (glace) à Sérieux (éléments)
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

PROJECTION GLACE (zone effet : 294m)
 Intensité : Modérée
 Probabilité : B
 Nombre de personnes exposées : < 1 pers.
 Gravité : Modérée
 Niveau de risque : ACCEPTABLE



EFFONDREMENT (zone effet : 150m)
 Intensité : Forte
 Probabilité : D
 Nombre de personnes exposées : Au plus 1 pers.
 Gravité : Sérieux
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

PROJECTION PALE/FRAGMENTS (zone effet : 500m)
 Intensité : Modérée
 Probabilité : D
 Nombre de personnes exposées : <10 pers.
 Gravité : Sérieux
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

- Aire de l'étude de dangers (500 m)
- Eoliennes
- Poste de livraison
- Chemins et plateformes
- Exploitation agricole
- Constructions
- Zones d'habitation
- Canalisation gaz
- Sentiers de randonnées

ETUDE : Projet Parc éolien d'ANGRIE

N° Affaire : 000274

Client : SYSCOM

Fond cartographique : ESRI
 Source de données : Calcul IE sur base INERIS
 Auteur : CJ

0 50 100 200
 Mètres
 1:8 000
 Seule l'échelle métrique est garantie

Figure 26 : Synthèse des risques au niveau de l'éolienne E4



20/12/2016

SYNTHESE DES RISQUES - EOLIENNE E5 (E92 - 150 m)



CHUTE GLACE/ELEMENTS (zone effet : 46m)
 Intensité : Modérée (glace) à forte (éléments)
 Probabilité : A (glace) à C (éléments)
 Nombre de personnes exposées : Au plus 1 pers.
 Gravité : Modérée (glace) à Sérieux (éléments)
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

PROJECTION GLACE (zone effet : 294m)
 Intensité : Modérée
 Probabilité : B
 Nombre de personnes exposées : < 1 pers.
 Gravité : Modérée
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

EFFONDREMENT (zone effet : 150m)
 Intensité : Forte
 Probabilité : D
 Nombre de personnes exposées : Au plus 1 pers.
 Gravité : Sérieux
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

PROJECTION PALE/FRAGMENTS (zone effet : 500m)
 Intensité : Modérée
 Probabilité : D
 Nombre de personnes exposées : <10 pers.
 Gravité : Sérieux
 Niveau de risque : ACCEPTABLE

- Aire de l'étude de dangers (500 m)
- Eoliennes
- Poste de livraison
- Chemins et plateformes
- Exploitation agricole
- Constructions
- Zones d'habitation
- Canalisation gaz
- Sentiers de randonnées

ETUDE : Projet Parc éolien d'ANGRIE
N° Affaire : 000274 | **Client :** SYSCOM

Fond cartographique : ESRI
 Source de données : Calcul IE sur base INERIS
 Auteur : CJ
 0 50 100 200 Mètres
 1:8 000
 Seule l'échelle métrique est garantie

Figure 27 : Synthèse des risques au niveau de l'éolienne E5

IX. CONCLUSION

En premier lieu, il est important de souligner que l'environnement dans lequel est prévue l'implantation ne présente pas de sensibilité particulière puisqu'il s'agit principalement de terrains agricoles et boisements très peu fréquentés. On notera toutefois la présence d'une canalisation de transport de gaz, pour laquelle une distance de sécurité a été respectée (l'éolienne la plus proche est à plus de 350m). Les quelques routes communales, chemins de randonnées et chemins d'exploitation agricoles sillonnant le secteur n'augmentent qu'à la marge la fréquentation du site. Il en va de même pour les aménagements annexes du parc (chemins d'accès et plateformes) qui accueilleront ponctuellement les activités de maintenance. Conformément à la réglementation, les habitations et zones d'habitations répertoriées à proximité du projet se trouvent toutes à plus de 500m des aérogénérateurs et, hormis l'agriculture, aucune activité économique particulière n'est identifiée en deçà de ce rayon.

Les principaux accidents majeurs identifiés pour le projet du **Parc éolien d'ANGRIE** sont dû :

- Aux projections de pales ou morceaux de pale,
- Aux projections de glace,
- A la chute d'éléments ou de glace,
- A l'effondrement de l'aérogénérateur.

Les probabilités inhérentes à ces différents accidents ont été estimées de « Courant » (A) pour le risque de chute de glace à « Rare » (D) pour les risques d'effondrement ou de projection de pale, en passant par « Probable » (B) pour le risque de projection de glace et « Improbable » (C) pour le risque de chute d'éléments. En terme de gravité, compte tenu de l'environnement dans lequel s'insère ce projet, cette dernière est considérée comme « Modérée » pour les scénarios de chute et de projection de glace, ainsi que pour le scénario de projection de pale/morceau de pale associé l'éolienne E1. Cette gravité est jugée comme « Sérieux » pour le risque d'effondrement, de chute d'élément, ainsi que le risque de projection de pale/morceau de pale associé aux éoliennes E2, E3, E4 et E5. Toutefois, le nombre de personnes exposées est bien inférieur aux seuils fixés par l'INERIS. Les différents risques ont donc tous été jugés acceptables, d'autant plus qu'un certain nombre de mesures de maîtrise du risque sont prévues afin de prévenir ou limiter les conséquences de ces accidents potentiels, avec notamment :

- *système de détection du givre/mise à l'arrêt*
- *système de détection de l'échauffement/bridage*
- *système de détection de la survitesse/bridage voire arrêt*
- *système parafoudre*
- *système de détection incendie/alarme et extincteur*
- *procédure contrôle fondations et maintenance.*

Il convient de noter que, bien que les risques liés à l'incendie de l'éolienne ou du poste de livraison et l'infiltration d'huile dans le sol n'aient pas été détaillés du fait de leur faible importance, des mesures de sécurité sont toutefois prévues en cas d'accident.

Dans ce cadre, il est donc possible de dire que les mesures de maîtrise des risques mises en place sur l'installation sont suffisantes pour garantir un risque acceptable pour chacun des phénomènes dangereux identifiés.

ANNEXE 1 – MÉTHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DÉTERMINATION DE LA GRAVITÉ POTENTIELLE D'UN ACCIDENT À PROXIMITÉ D'UNE ÉOLIENNE

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

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

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

Terrains non bâtis

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

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

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

Voies de circulation

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

Voies de circulation automobiles

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

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

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 <td>56</td> <td>84</td> <td>112</td> <td>140</td> <td>168</td> <td>196</td> <td>224</td> <td>252</td> <td>280</td>	56	84	112	140	168	196	224	252	280
	80 000	32	64	96	128	160	192	224	256	288	320
90 000	36	72	108	144	180	216	252	288	324	360	
100 000	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	

Voies ferroviaires

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

Voies navigables

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

Chemins et voies piétonnes

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

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

Logements

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

Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

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

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

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

Zones d'activité

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

ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

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

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m 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	-

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

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a 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	-

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

ANNEXE 3 – SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

Scénario G01

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

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

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

Scénario G02

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

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

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

Les éventuels incendies interviendront dans le cas 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 scénarios devant être regardé :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

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

Scénario F01

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

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

- Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance

- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- Procédure de gestion des situations d'urgence

Deux événements peuvent être aggravants :

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

Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Scénario P01

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

Scénario P02

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

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

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

Scénarios P03

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

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

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

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

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

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

ANNEXE 4 – PROBABILITE D’ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ANNEXE 5 – COURRIER REPONSE GRT GAZ

REGION CENTRE ATLANTIQUE
POLE APPUI RESEAU
Département Travaux Tiers et Données
Service Travaux Tiers et Urbanisme



SYSCOM
ZA DES METAIRIE 2
BP 48 - NIVILLAC
56130 LA ROCHE BERNARD

A l'attention de Guillaume MARCAIS

VOS RÉF. /
NOS RÉF. EOL 2 / RPL / SCM / P14-0689
INTERLOCUTEUR Sophie-Charlotte MAHJOUBI Tel : 02 40 38 85 19 Fax : 02 40 38 85 85
COURRIEL grt-rca-ttu-rpl@grtgaz.com
OBJET Projet éolien
COMMUNE(S) ANGRIE 49

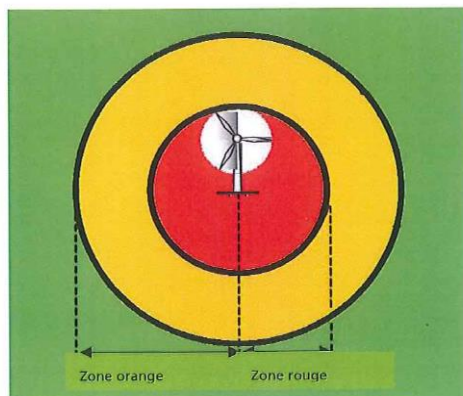
Nantes, le 24/06/2014

Monsieur,

Nous accusons réception de votre courrier concernant les caractéristiques des éoliennes pour le Parc éolien de ANGRIE 49 cité en objet.

Votre projet est implanté à proximité de notre canalisation de transport de gaz naturel haute pression CHEMERY - NOZAY DN 450 de PMS 67.7 bar.

Après examen de vos données, GRTgaz a pu établir une feuille de calcul de sécurité qu'il est indispensable de prendre en compte. Il en ressort que votre projet sera implanté en **ZONE VERTE** et donc qu'aucune mesure n'est nécessaire sur l'ouvrage.



En cas de chute de l'éolienne, votre ouvrage étant situé en **ZONE VERTE**, la vibration transmise dans le sol ne provoquera aucun dommage sur notre canalisation.



Les vibrations sont représentées par la notion de vitesse particulière. Le seuil de vitesse particulière acceptable dans cette zone est de 50mm/s.


Il conviendra de vérifier avec nos services si la mise en œuvre du projet (passage de véhicules, installations de lignes électriques, déplacement éventuel des déversoirs de protection cathodique de notre ouvrage) est bien compatible avec les règles de l'art de travaux à proximité de gazoducs.

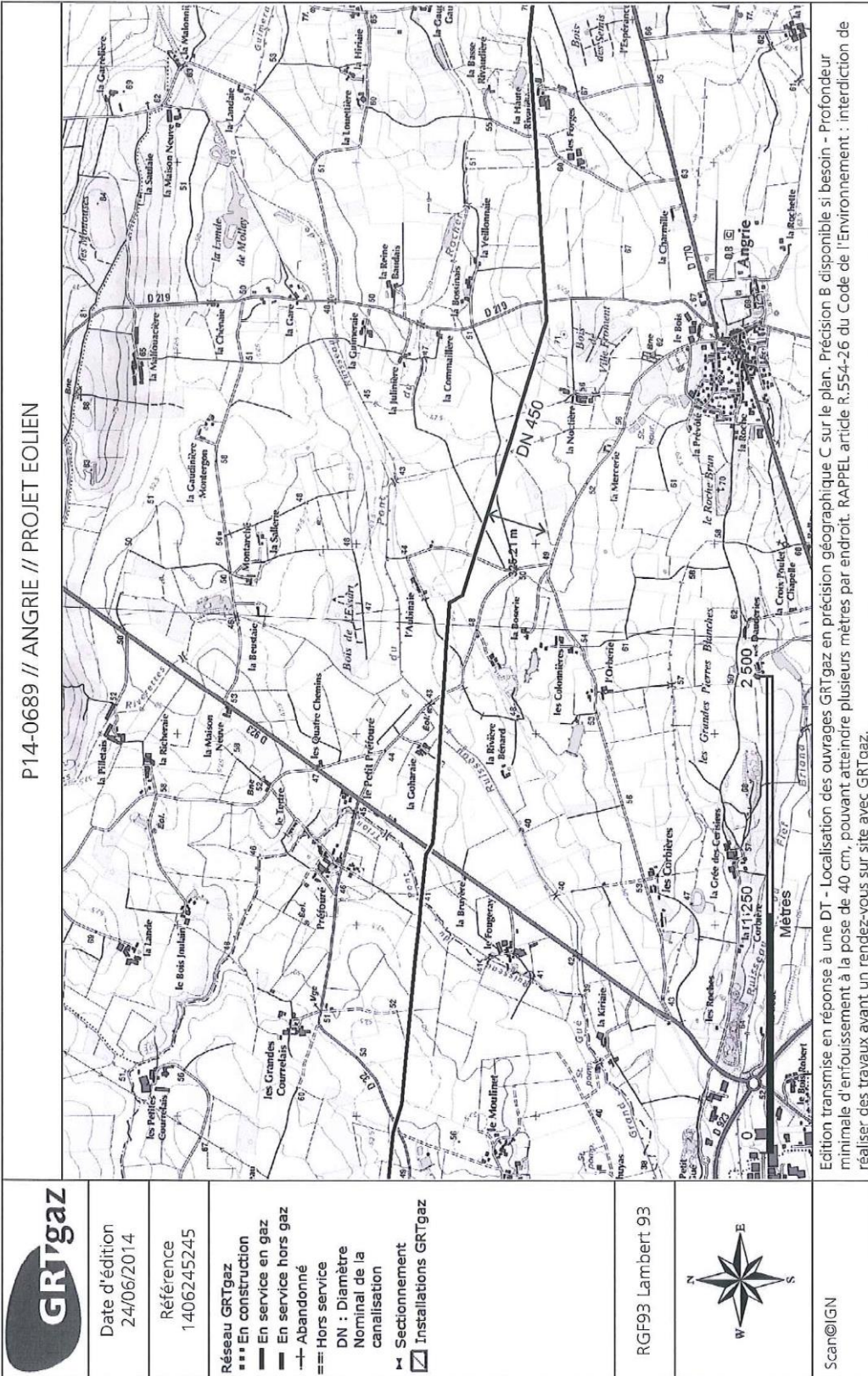
Si ce n'est déjà fait, nous vous rappelons qu'il est **impératif de consulter le Guichet Unique** afin de vérifier si vous devez nous adresser une DT/DICT (dans un délai de 9 jours avant le début des travaux) et nous faire parvenir la certification (Germanischer Lloyd) de l'éolienne qui sera implantée.

Nous restons à votre disposition pour tout renseignement complémentaire et nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos salutations distinguées.

Le Responsable du Département Travaux Tiers & Données
Laurent MUZART

Service Travaux Tiers et Urbanisme- Site Nantes
10 quai Emile Cormerais - CS 10002 - 44801 ST HERBLAIN Cedex
téléphone 02 40 38 86 29 - télécopie 02 40 38 85 85
www.grtgaz.com
CA au capital de 536 030 700 euros - RCF Nantes 440 117 630

Fiche n°	01/07/2014	MESURES DE SECURITE EN PRESENCE D'EOLIENNES A PROXIMITE D'OUVRAGES DE TRANSPORT ENTERRES	V1.0	Doc associé Cana-GSF-0048
0. OUVRAGE DE TRANSPORT DE GAZ (à saisir pour information)				
Référence : CHEMERY - NOZAY				
Caractéristiques :				
D (mm)	457,2			
e (mm)	5,5			
PMS (bar)	67,7			
1. CARACTERISTIQUES DE L'EOLIEENNE (à saisir pour le calcul des distances d'éloignement)				
Hauteur de la tour de l'éolienne - Ht	104	mètres		
Hauteur relative du barycentre de la tour - f		%		
Masse de la tour de l'éolienne - Mt	881	Tonnes		
Masse totale du rotor, de la nacelle et des pales - Mr	172	Tonnes		
Rayon du rotor (longueur d'une pale) - R	92	mètres		
2. RISQUE DE CHUTE				
Plan de zonage pour limiter les effets d'une chute de l'éolienne depuis sa base				
ZONE 1 (**)	D >= 274 m	- Aucune mesure n'est nécessaire sur l'ouvrage		
ZONE 2 (**)	274 m > D >= 196 m	- Certificat de type - Engagement sur la maintenance + sur les fondations		
ZONE 3	D < 196 m	- Zone interdite sauf étude probabiliste au cas par cas+ préconisations demandées en zone 2.		
3. RISQUE ATEX (ouvrage aérien uniquement)				
La tour et le rotor de l'éolienne doivent être situés en dehors des « Zone 0 », « Zone 1 » et « Zone 2 » définies dans le guide ATEX				
4. RISQUE ELECTRIQUE (ouvrage enterré uniquement)				
- Distance entre la canalisation et toute prise de terre d'installation électrique > 5 m.				
- Calcul de l'absence d'élévation de potentiel de la canalisation supérieure à 5 kV en cas de foudre ou de défaut électrique				
- Distance entre déversoir PC et éléments relatifs à l'éolienne > 300 m				
- Etude, en lien avec le PNE PNE DEO PC, du risque d'induction permanente si une ligne électrique est parallèle à la canalisation sur plusieurs km				
5. AUTRE				
Respect de la bande de servitude. Pour les canalisations en projet, absence d'éolienne à l'intérieur de la piste de travail.				
(*) ETUDE DE SOLIDITE : Certificat doit être produit par un tiers expert démontrant que les choix techniques réduisent au maximum les risques d'accident.				
(**) SEUILS DE VITESSE PARTICULAIRE RETENUS : zone 1: 50 mm/s zones 2 et 3 : 200 mm/s				
	AUTEUR			
DATE	24/06/2014			
VISA	SOPHIE-CHARLOTTE MAHJOUBI			



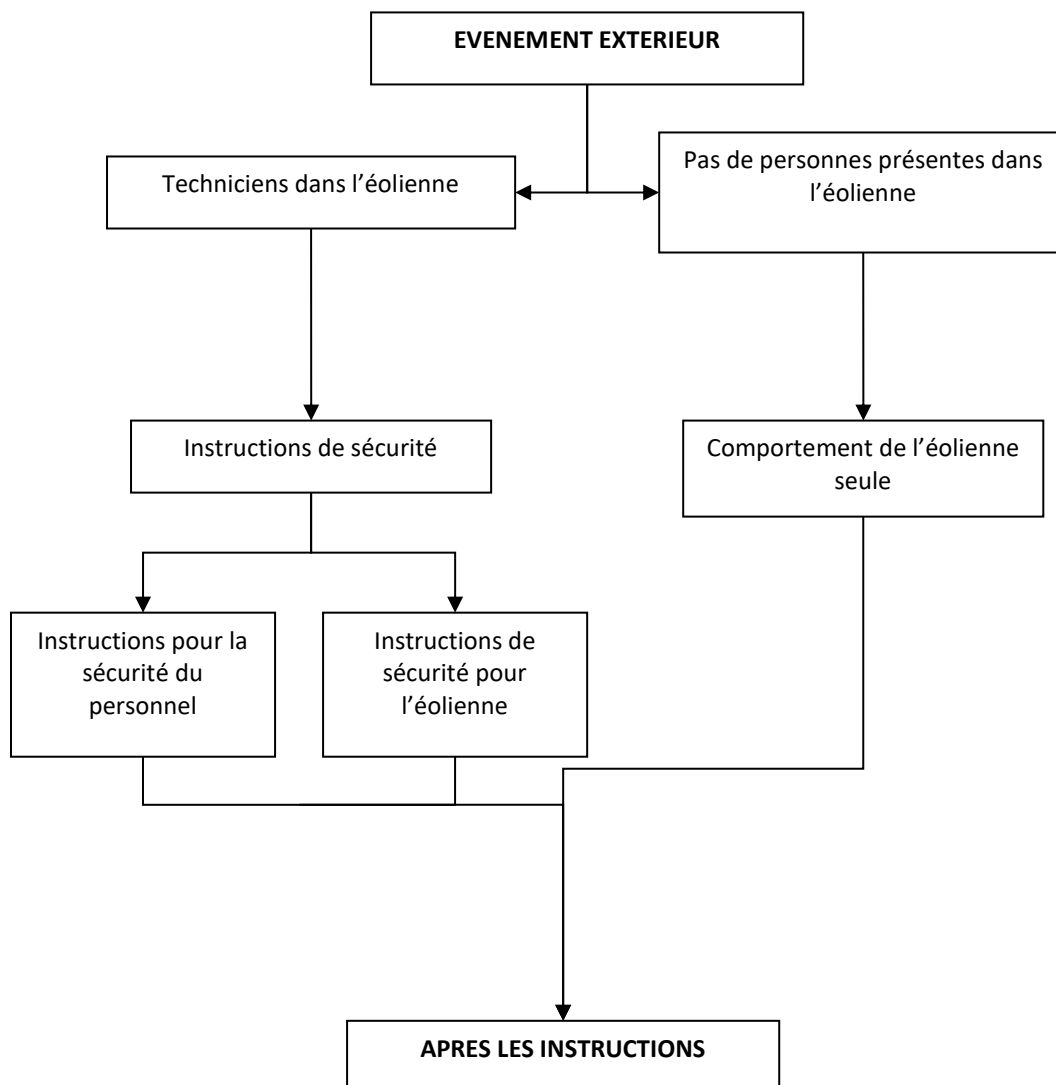
ANNEXE 6 – PROCEDURES DE SECURITE

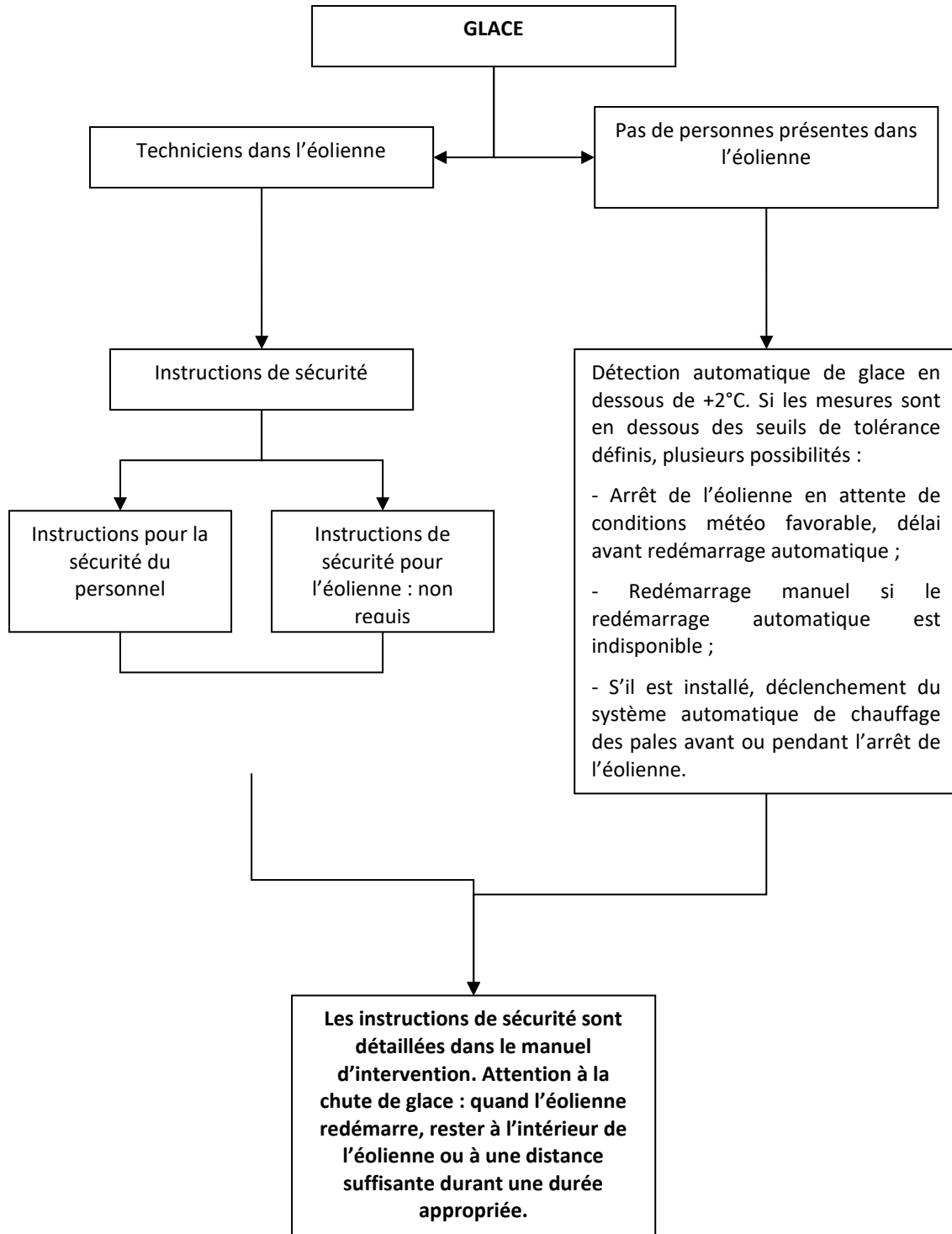
Cette annexe est un complément d'information en réponse à l'article 22 de l'arrêté du 26 août 2011, relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.

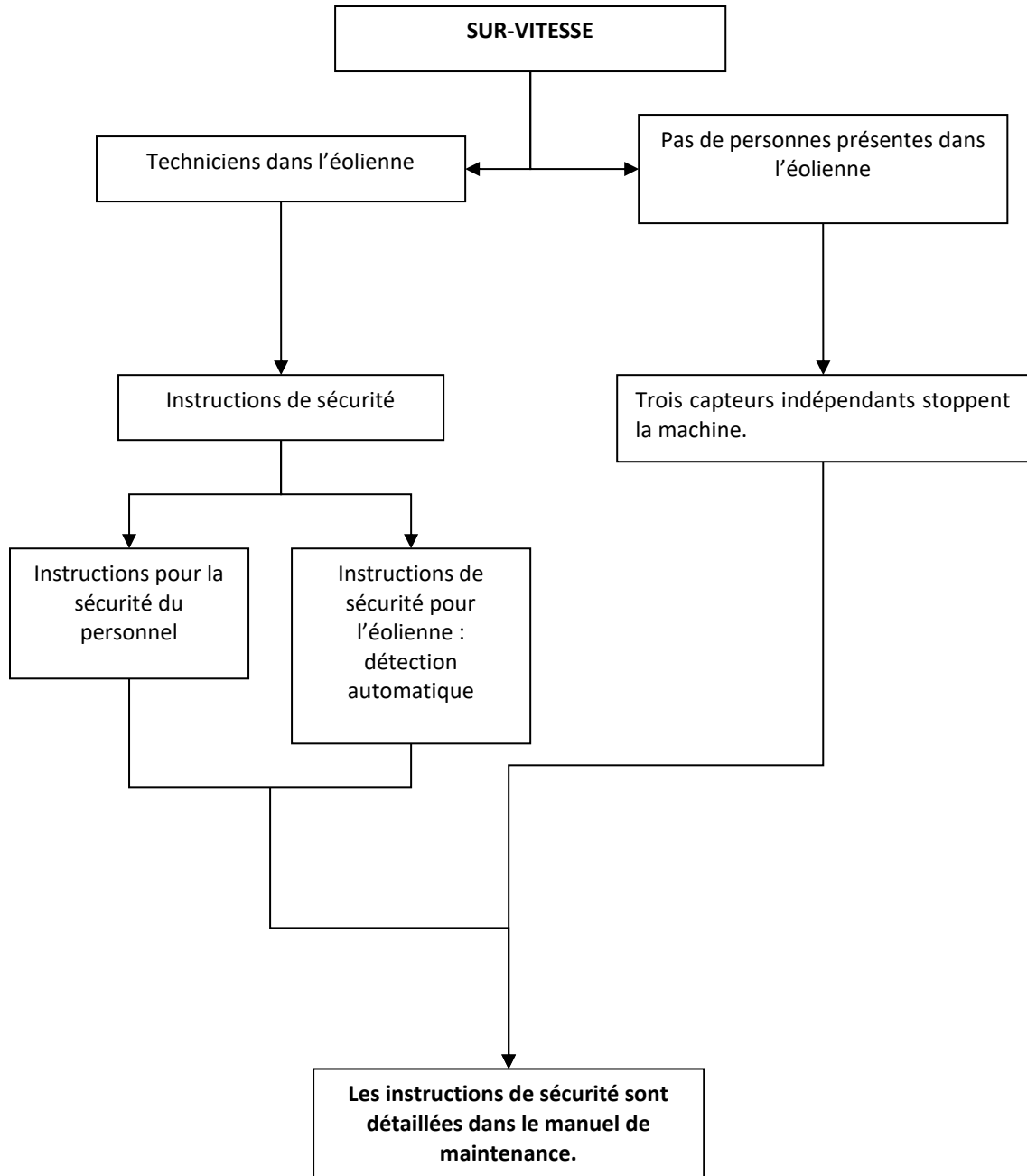
Il se présente sous forme d'un diagramme dont le modèle a été décliné par évènement cité dans l'article 22. Chaque branche du diagramme se décompose comme suit :

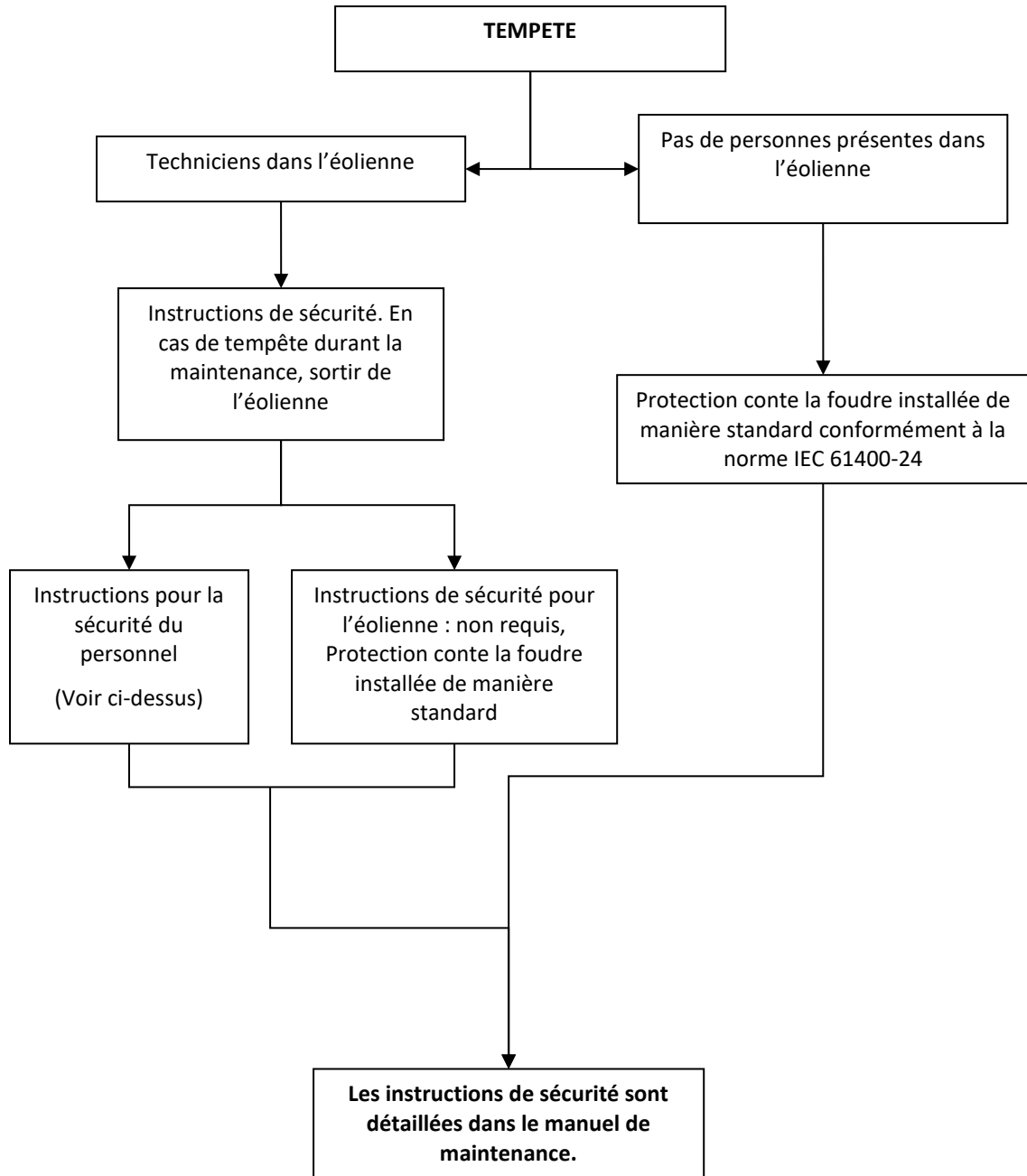
- Branche de gauche : le comportement à adopter par les techniciens en cas de survenue de l'évènement traité et consignes associées. Une subdivision a été opérée pour souligner les consignes dédiées à la sécurité des opérateurs et les consignes dédiées à la mise en sécurité de la machine.
- Branche de droite : le comportement de la machine seule face à l'évènement

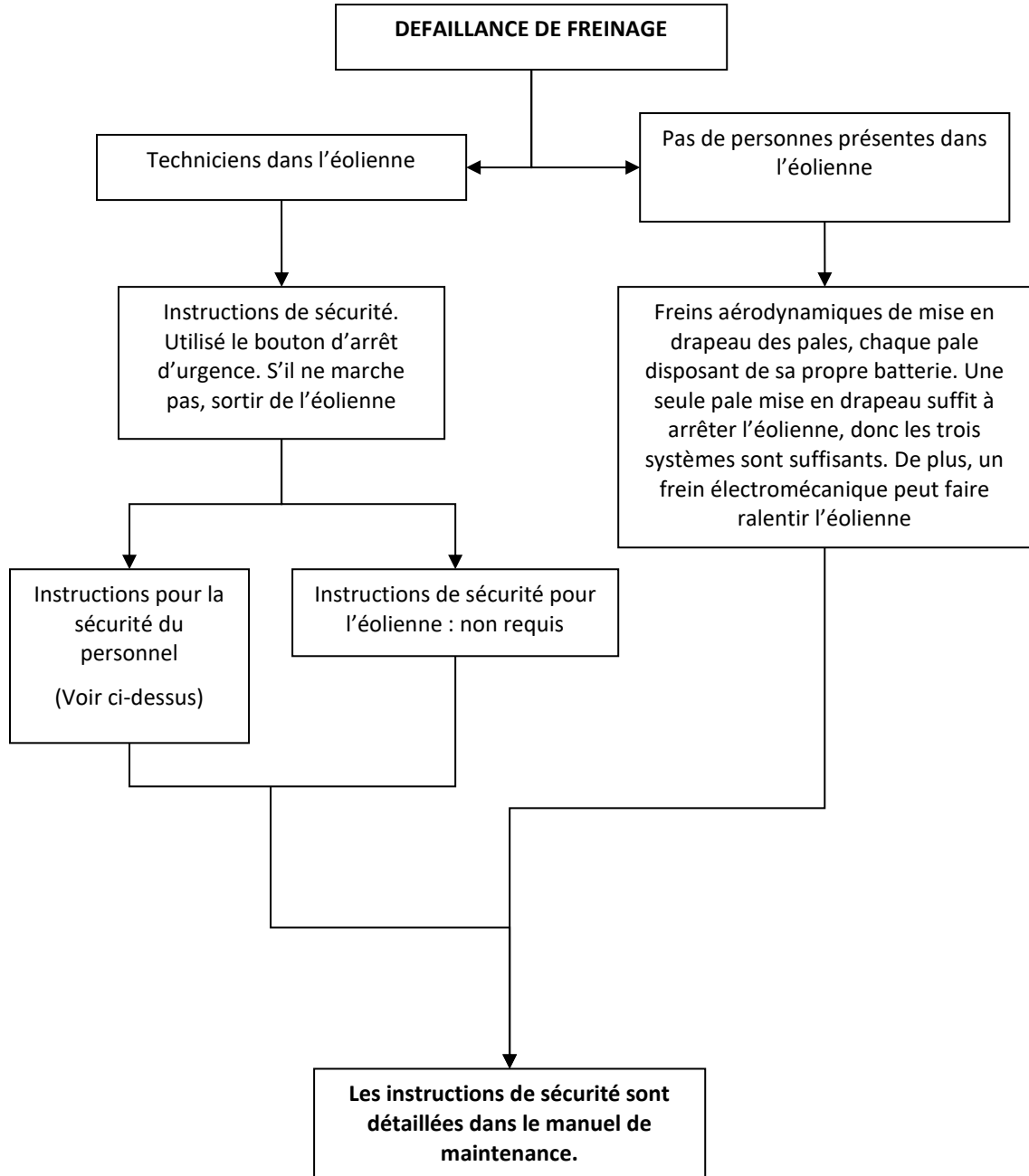
EXEMPLE :

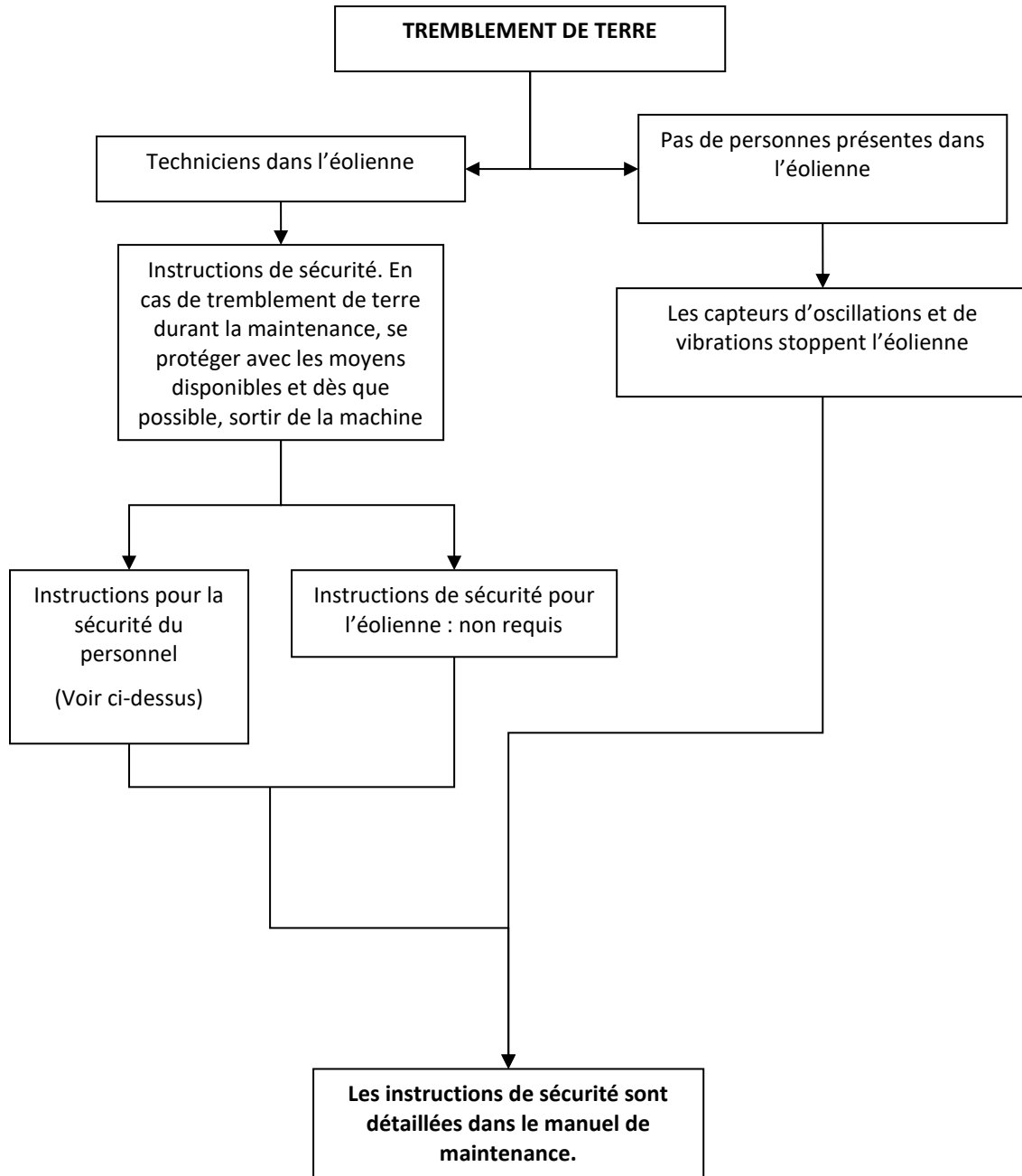


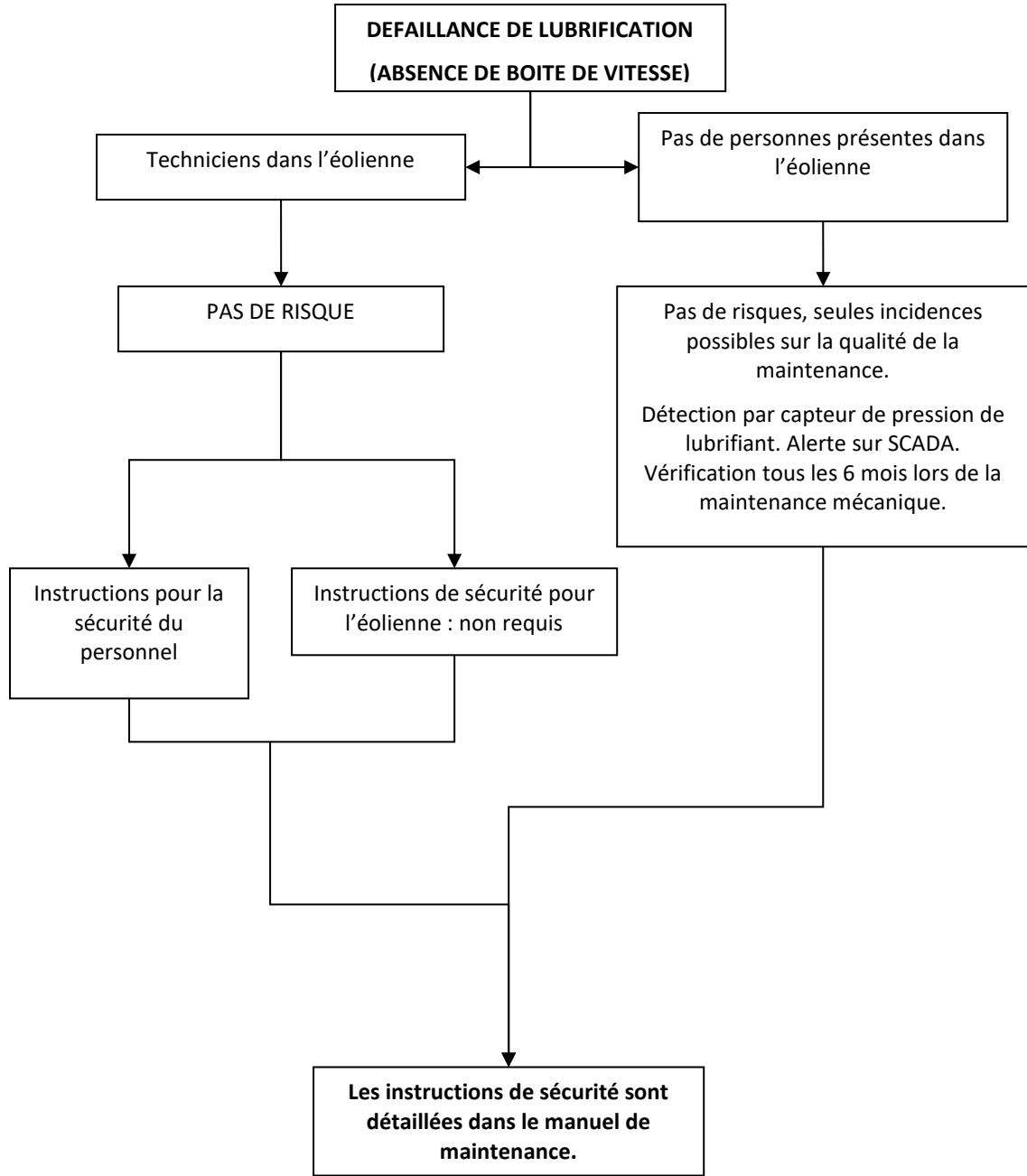


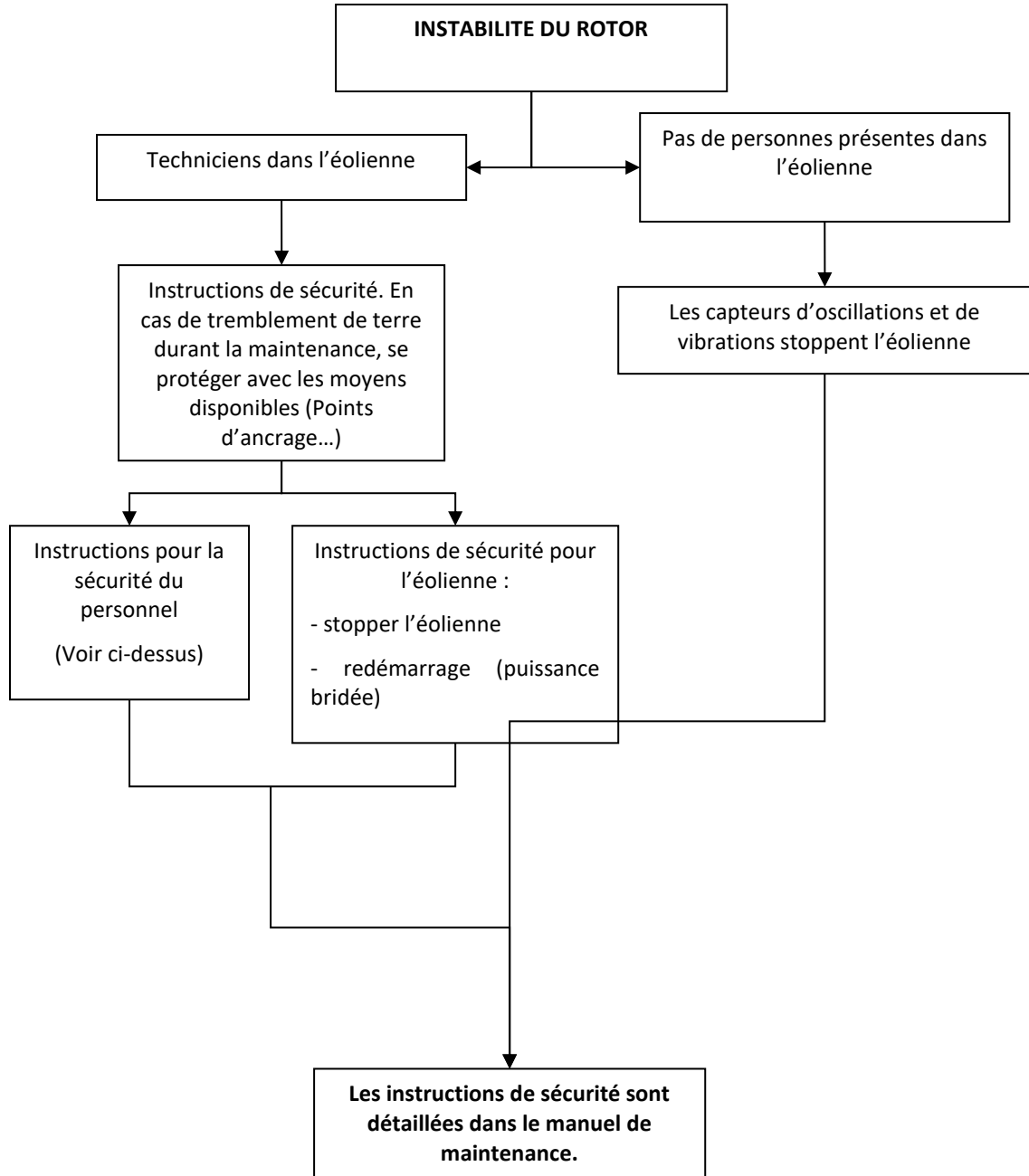


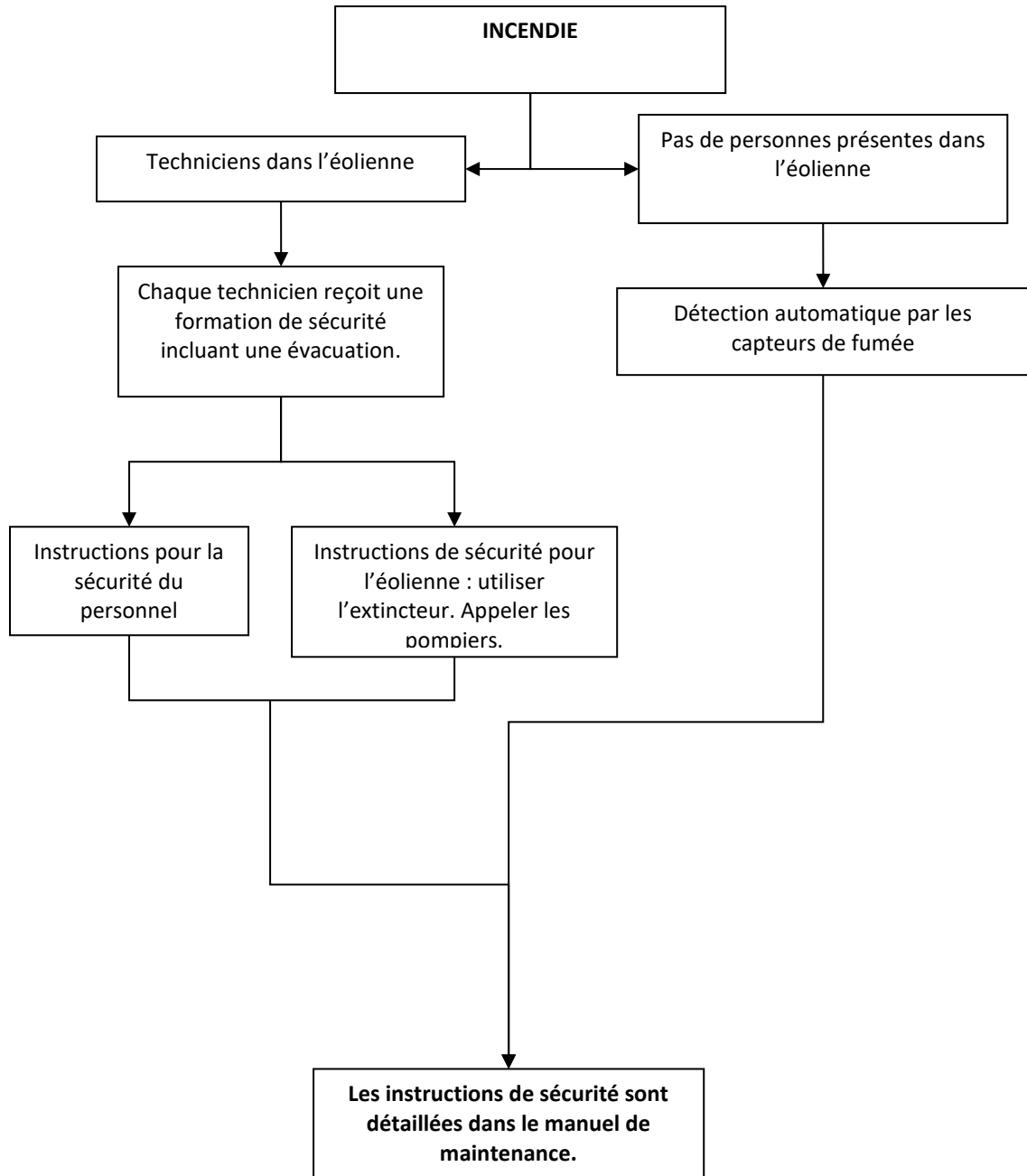


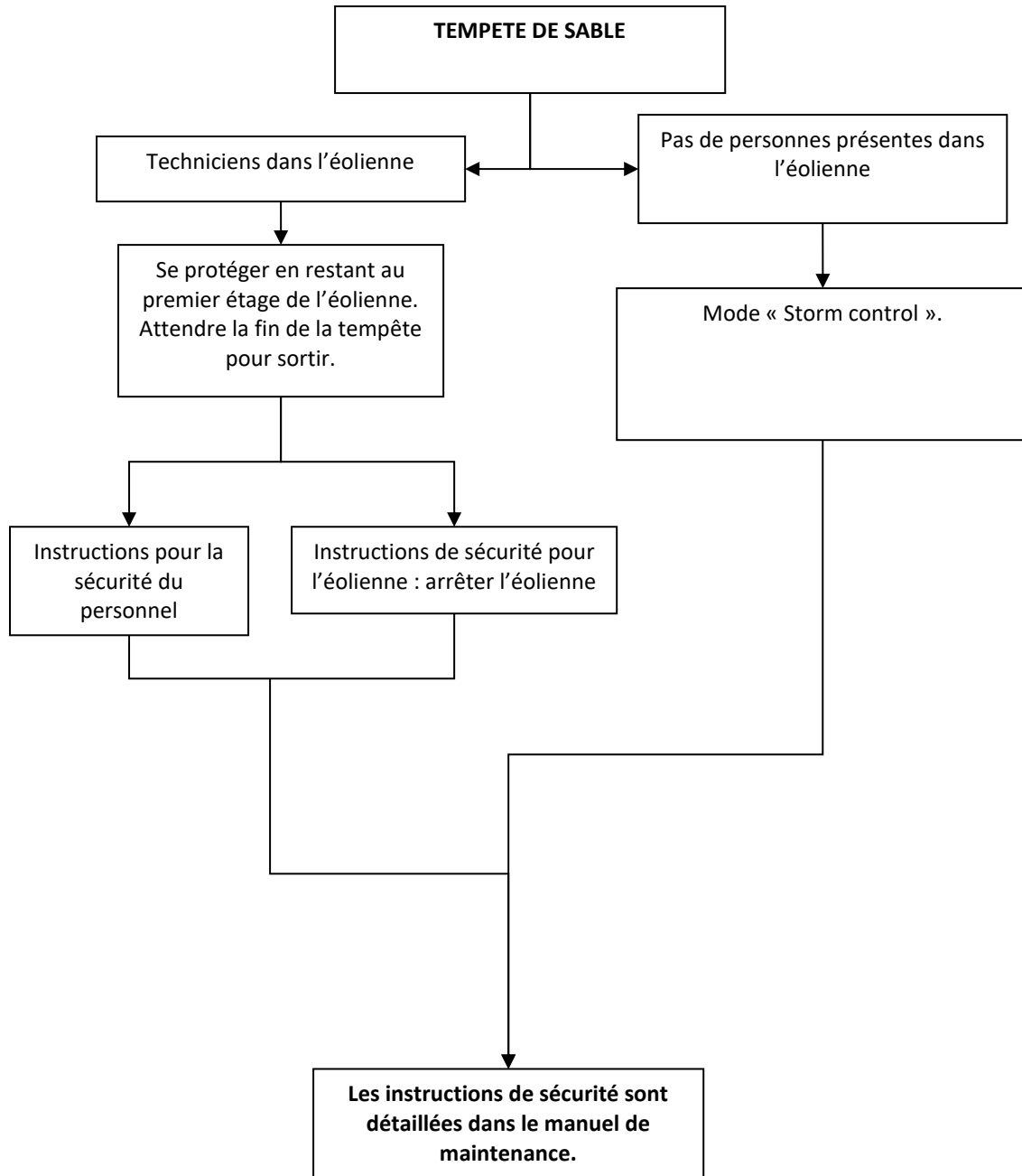


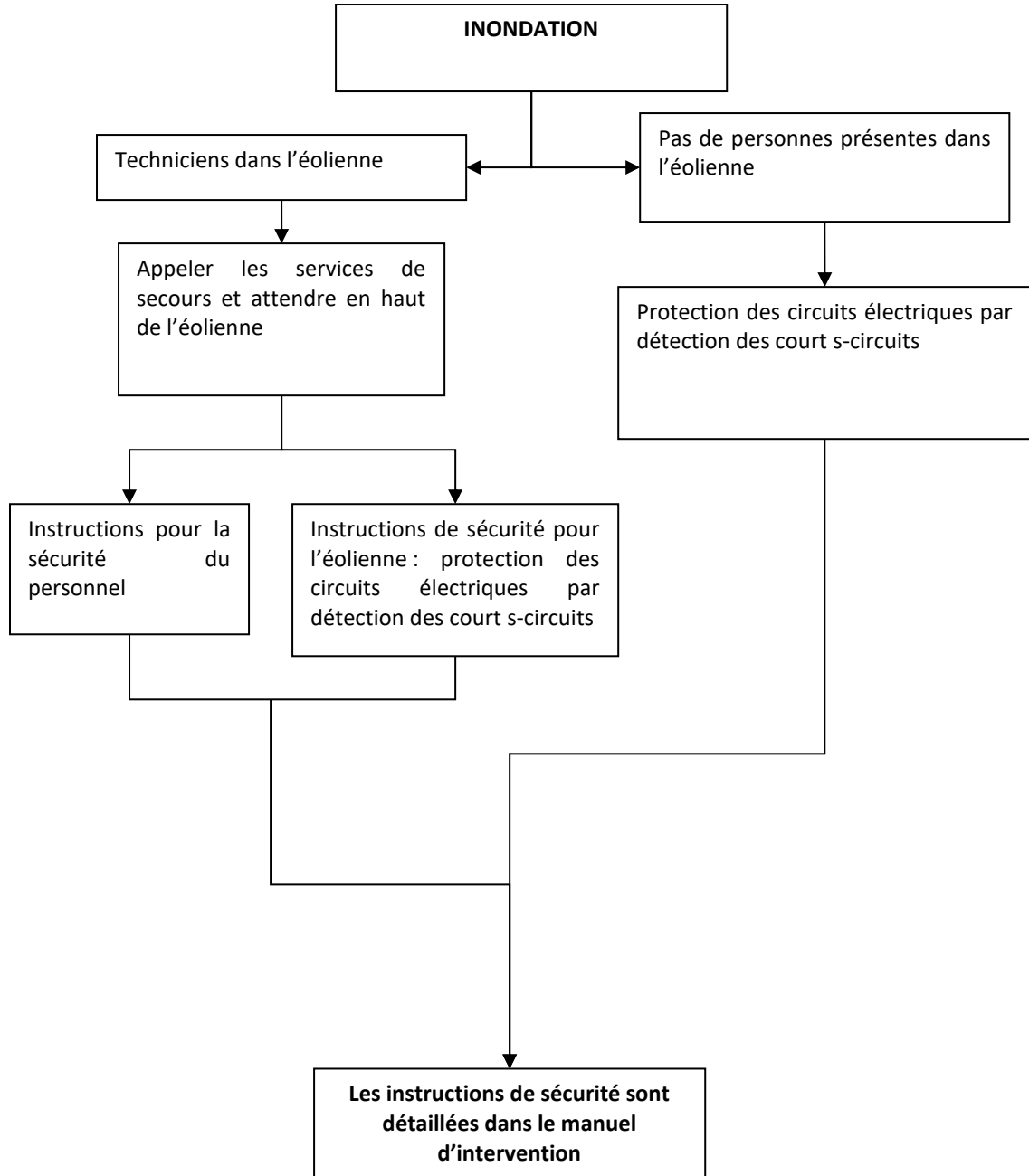












ANNEXE 7 –COURRIERS SERVITUDES RADARS



REÇU 27 JAN. 2011



IMPACT ET ENVIRONNEMENT

2, rue Avogadro
49070 BEAUCOUZE

Beaucouzé, le 25/01/11
Affaire suivie par E.Allard
Tph : 02.41.36.76.01
E.mail : eric.allard@meteo.fr

v/réf: v/courrier du 11/01/2011
Projet de parc éolien sur la commune d'Angrie
Affaire suivie par Camille JEANNEAU

Monsieur,

Votre courrier en référence concerne un projet éolien sur la commune d'Angrie, en Maine-et-Loire.

Cette commune n'est pas soumise aux servitudes liées aux radars météorologiques les plus proches (Treillières-44 et Cherves-86).

Je vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de ma considération distinguée.

Le Délégué Départemental Météo-France
de Maine et Loire


Eric ALLARD

Météo-France ANGERS
BP 77186 49071 BEAUCOUZE CEDEX Téléphone : 02 41 36 76 00 Télécopie : 02 41 36 76 04 <http://www.meteo.fr>

Météo-France, Etablissement public administratif sous la tutelle du ministère chargé des Transports



REÇU - 4 FEV. 2011

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE,
DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

Direction générale de l'Aviation civile

Nantes, le 2 février 2011

Direction de la sécurité de l'Aviation civile

IMPACT ENVIRONNEMENT

2 rue Amédéo Avogadro

Direction de la sécurité de l'Aviation civile Ouest

49070 BEAUCOUZE

Délégation Pays de la Loire

A l'attention de Camille JEANNEAU

Référence : 246 / DSAC-O / PDL

Vos réf. : votre courrier du 11 janvier 2011

Affaire suivie par : Vincent DELHAYE

vincent.delhaye@aviation-civile.gouv.fr

Tél. : 02 28 00 24 70 – Fax : 02 28 00 24 69

Objet : Etude de projet éolien dans les départements de la Loire Atlantique et Maine et Loire

Monsieur,

Par courrier ci-dessus référencé vous m'avez transmis, pour étude, les secteurs de localisation de vos projets de parcs éoliens dans les départements de la Loire Atlantique et Maine et Loire, pour lesquels je vous indique, ci-après, notre avis :

N° zone	Communes	Hauteur éoliennes	Alt sommet (NGF)	Avis
	JANS (44)	150 m	170 m	Avis favorable (T 18048 à 18053)
	ANGRIE (49)	150 m	200 m	Avis favorable (T 18053 à 18058)

D'autre part, je vous informe de la publication au journal officiel de l'arrêté du 13 novembre 2009 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques, applicable à compter du 1^{er} mars 2010.

Je vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de mes salutations distinguées.

Pour le Délégué Pays de la Loire
Vincent DELHAYE

P. J :

Copie à : STAC/ACE/AP/S, ZAD Nord (Cinq Mars la Pile)

Ressources, territoires, habitats et logement
Energies et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer

Présent
pour
l'avenir

www.developpement-durable.gouv.fr

Aéroport de Nantes-Atlantique – BP 4309
44343 BOUGUENAI CEDEX
Tél : 02 28 00 24 62



DSAC



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE



ARMÉE DE L'AIR

COMMANDEMENT DE LA DEFENSE AERIENNE
ET DES OPERATIONS AERIENNES

ZONE AERIENNE DE DEFENSE NORD

SECTION ENVIRONNEMENT AERONAUTIQUE

Cinq-Mars-La-Pile, le 05 JAN. 2010

N° 45469/CDAOA/GATN

Cl: :

Dossier suivi par :

- Clc Nodot,
- Lcl Touzalin.

Le Général de division aérienne Patrick CHARAIX
Général adjoint territoire national
au Général commandant de la défense aérienne
et des opérations aériennes

à

Monsieur le directeur
de la société SYSCOM
ZA des Métairies 2 - Nivillac
56130 LA ROCHE BERNARD

Objet : projet éolien dans le département du MAINE-ET-LOIRE (49).

Références : - votre courrier du 13 août 2009 (AOUT09311),
- décret du 21 août 2008 portant délégation de signature¹,
- circulaire et arrêté du 25 juillet 1990 relatifs aux installations dont
l'établissement à l'extérieur des zones grevées de servitudes
aéronautiques de dégagement est soumis à autorisation²,
- instruction n° 20700/DNA du 16 novembre 2000 relative à la réalisation
du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de
servitudes aéronautiques.

Pièce jointe : une annexe.

Monsieur le directeur,

Après consultation des différents organismes de la Défense concernés par le projet éolien sur la commune de ANGRIE (49), transmis par courrier de référence, j'ai l'honneur de porter à votre connaissance la constatation suivante.

Votre polygone d'étude se situe sous un tronçon du réseau de vol à très basse altitude de la défense dénommé LFR 149 E (cf. annexe). Ce tronçon, dont le plancher est à 800 pieds (environ 243 mètres) au-dessus du sol et la limite supérieure à 1800 pieds (environ 548 mètres), est destiné à protéger les aéronefs de la Défense qui évoluent à très grande vitesse et par toutes conditions météorologiques.

.../...

¹ Référence : NOR DEFD0818496D

² Références : NOR EQUA 9000 474 A et NOR EQUA 9000 475 C

En mode radar suivi de terrain, les avions (évoluant à 300 mètres/sol) ne détectant pas systématiquement les éoliennes en dessous et à proximité immédiate, et afin de leur assurer une marge de franchissement d'obstacles de 150 mètres, la hauteur sommitale des aérogénérateurs est limitée à 150 mètres, pales à la verticale (valeur respectée par votre projet).

Cependant, en mode dégradé (lorsque le système de suivi de terrain n'est plus totalement intègre) les aéronefs doivent pouvoir franchir tout obstacle présent sous ce réseau, avec une marge de franchissement de 300 m tout en respectant une marge de sécurité de 200 pieds (environ 60 m) par rapport au plafond de la zone, afin de ne pas mettre en jeu la sécurité d'aéronefs évoluant juste au dessus.

Il est à noter que ces marges doivent être respectées de part et d'autres de tout obstacle, sur l'équivalent d'une minute de vol, soit 30 secondes avant et 30 secondes après l'obstacle. Ces contraintes limitent les éoliennes, pales à la verticale, à l'altitude maximale de 212 mètres NGF.

En conséquence, l'autorisation de la Défense sera assujettie au respect de cette limitation.

Dans ce cas, compte tenu de la hauteur totale hors sol des éoliennes, je vous demande de prévoir un balisage "diurne et nocturne" conformément à l'instruction citée en dernière référence. A ce titre, je vous invite à consulter la direction de la sécurité de l'aviation civile Ouest située à BOUGUENNAIS (44).

Cet avis reste valable dès lors qu'aucune évolution, notamment d'ordre réglementaire ou aéronautique, ne modifie l'environnement ou l'utilisation de l'espace aérien dans la zone concernée.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le directeur, l'expression de ma considération distinguée.

Pour le Ministre de la défense et par délégation,

Le Général de division aérienne Patrick Charaix
Général Adjoint territorial national

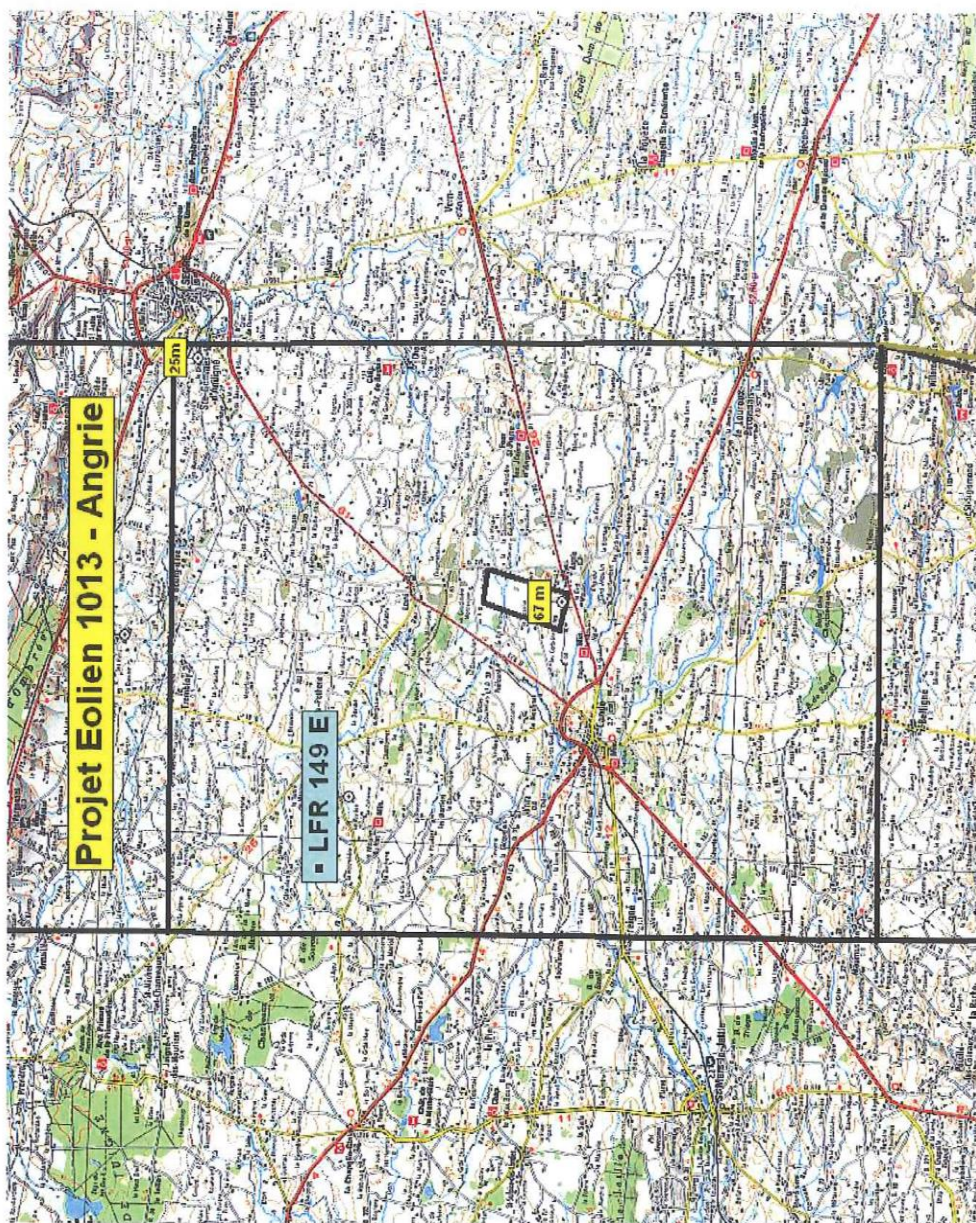


Copies à:

- Monsieur le directeur de la sécurité de l'aviation civile Ouest
Délégation Pays de Loire
Aéroport de Nantes Atlantique
B.P. 4309
44343 BOUGUENNAIS CEDEX
- Monsieur le délégué militaire départemental
Quartier Espagne
Square LAFAYETTE
B.P. 4123
49041 ANGERS CEDEX
- Archives ZAD Nord

Annexe

Cartographie du réseau très basse altitude de la Défense.



ZAD NORD Section environnement aéronautique – BP 29 – 37130 CINQ MARS LA PILE
Téléphone : 02 47 96 21 33 - PNIA : 811 927 24 33 - Télécopie : 02 47 96 28 16 – E mail : envaero.zad-nord.ba927@inet.air.defense.gouv.fr

ANNEXE 8 – RECENSEMENT ACCIDENTS ARIA

Voici la liste complémentaire de l'accidentologie INERIS basée sur la consultation de la base de données ARIA au 21/07/2014 :

- 06/02/2012 – LEHAUCOURT (02) : Blessure par arc électrique (690 V) de deux techniciens de maintenance intervenant dans la nacelle d'une éolienne.
- 18/05/2012 – FRESNAY-L'EVEQUE (28) : chute d'une pale entière sur une éolienne de 2 MW mise en service en 2008. La pale (9 tonnes, 46 m) a chuté au pied de l'installation suite à la rupture du roulement qui raccordait la pale au hub. L'analyse des relevés des capteurs et des comptes-rendus d'entretien ne révèle aucune anomalie ni signe précurseur (contraintes anormales qui auraient pu endommager le roulement, vibration suspecte avant la rupture, différence d'orientation des pales, défaut d'aspect visuel lors des contrôles...). Des traces de corrosion sont détectées dans les trous d'alésages traversant une des bagues du roulement reliant pale et hub. Selon le fabricant, cette corrosion proviendrait des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement. L'installation est remise en service fin octobre après remplacement de la pale endommagée et mise en place de nouveaux roulements possédant une protection contre la corrosion. L'exploitant met en place une détection visuelle de la corrosion dans les alésages, qu'il prévoit de remplacer à terme par un procédé instrumenté conçu spécifiquement.
- 30/05/2012 – PORT-LA-NOUVELLE (11) : 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 et la chute d'une éolienne. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits. Le site, ouvert au public, est sécurisé.
- 01/11/2012 – VIEILLESPESE (15) : Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs de 2,5 MW mis en service en 2011.
- 05/11/2012 – SIGEAN (11) : Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien ; un voisin donne l'alerte à 17h30. Des projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante. Les pompiers éteignent l'incendie vers 21h30. L'exploitant met en place un balisage de sécurité à l'aube le lendemain. A la suite de la chute d'une pale à 15h20, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place. Le 08/11, la municipalité interdit par arrêté l'accès au chemin menant à l'éolienne. Le feu s'est déclaré en partie basse de l'éolienne (transformateur ou armoire basse tension). Les flammes ont ensuite atteint la nacelle, sans doute en se propageant le long des câbles électriques (non résistants au feu) à l'intérieur du mât. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante. Cet accident met en lumière la nécessaire tenue au feu des câbles, les possibilités de suraccident (propagation de l'incendie à la végétation environnante, chute de pale) et des pistes d'amélioration dans la détection et la localisation des incendies d'éoliennes, ainsi que dans la réduction des délais d'intervention.
- 06/03/2013 CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE (11) : A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât. L'éolienne est mise en sécurité (2 pales restantes mises en drapeau, blocage du rotor, inspection du moyeu). Un périmètre de sécurité de 30 m est établi au pied de l'éolienne et la municipalité interdit l'accès à la zone. L'accident est déclaré à l'inspection des installations classées 48 h plus tard. L'une des pales de cette éolienne avait déjà connu un problème de fixation en novembre 2011. Les fixations de cette pale au moyeu avaient été remplacées et le serrage des vis des 2 autres avait été contrôlé en avril 2012. La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut.

- 17/03/2013 EUVY (51) : Des usagers de la N4 signalent vers 15h30 un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 18 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieux périlleux 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. Les maires des communes voisines se sont rendus sur place. Au moment du départ de feu, le vent soufflait à 11 m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale. La gendarmerie évoque une défaillance électrique après avoir écarté la malveillance. Le parc, mis en service en 2011, avait déjà connu un incendie quelques mois plus tôt selon la presse. Les 18 machines sont inspectées. A la suite de l'accident, l'exploitant et la société chargée de la maintenance étudient la possibilité d'installer des détecteurs de fumées dans les éoliennes.

- 01/07/2013 CAMBON-ET-SALVERGUES (34) : Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement. Alors qu'il vient de faire l'appoint en gaz d'un cylindre sous pression faisant partie du dispositif d'arrêt d'urgence des pâles d'une éolienne, un technicien de maintenance démonte l'embout d'alimentation vissable. Une partie de la visserie de la vanne de fermeture reste solidaire de l'embout et se dévisse avec lui. L'ensemble démonté est projeté au visage de l'opérateur et lui brise le nez et plusieurs dents. Le jet de gaz affecte ses voies respiratoires. Descendue de la nacelle de l'éolienne avec l'assistance de son collègue, la victime est hospitalisée. La gendarmerie place l'accumulateur de gaz sous scellé pour être expertisé. Afin d'éviter de tels accidents, la visserie de la vanne présentait une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à la détente du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total. La survenue de l'accident malgré ce dispositif amène l'exploitant à repenser la procédure d'alimentation de l'accumulateur de gaz dans la configuration exigüe de la nacelle d'éolienne : 8 000 machines sont potentiellement concernées. Dans l'attente des résultats d'expertise, les accumulateurs seront remplis en usine après démontage.

- 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.

ANNEXE 9 –GLOSSAIRE

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

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

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

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

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

Evénement initiateur : 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.

Evénement 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 vulnérables) vivantes ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières. C'est une « Source potentielle de dommages »

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Enfin, quelques sigles utiles employés dans le présent document 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 10 – BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES

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

Les tableaux ci-après détaillent les calculs permettant d'aboutir au nombre de personnes exposées pour chaque scénario de risque et chaque éolienne.

Plusieurs hypothèses ont été retenues pour ces calculs :

- Largeur route communale/chemin rural : 5 mètres
- Largeur route départementale : 7 mètres
- Nombre de promeneurs par jour sur le sentier de randonnées : 30 promeneurs/jour

PROJECTION DE PALE

		Risque : PROJECTION DE PALE														
		E1			E2			E3			E4			E5		
Rayon d'effet depuis centroide (m) :		503			503			503			503			503		
Unités		Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées
TERRAINS NON-BATIS	Terrains non-aménagés et très peu fréquentés		78,77	0,79		78,87	0,79		78,16	0,78		78,46	0,78		79,16	0,79
	Terrains aménagés mais peu fréquentés		0,00	0,00		0,13	0,01		0,16	0,02		0,01	0,00			0,00
	Terrains aménagés et fréquentés voire très fréquentés		0,00	0,00			0,00			0,00			0,00			0,00
VOIES DE CIRCULATION	Non-structurante (< 2000 véh./jour)															
	Chemin rural		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Chemin d'accès/Plateforme		0,72	0,07		0,61	0,06		0,44	0,04		0,68	0,07		0,45	0,05
	Route communale	240	0,12	0,01		0,00	0,00	1700,00	0,85	0,09	930,00	0,47	0,05		0,00	0,00
	Route départementale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Structurante (> 2000 véh./jour)															
	Autoroute		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie ferrée (2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
Voie ferrée (1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Voie navigable		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Chemins de randonnées	170	0,09	0,10	600,00	0,30	0,36	1080,00	0,54	0,65	1615,00	0,81	0,97	1800,00	0,90	1,08	
LOGEMENT	Moyenne INSEE		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ERP	Commerces et ERP de catégorie 5 : magasin de détail de proximité (boulangerie, presse, coiffeur...)		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Commerces et ERP de catégorie 5 : tabacs, café, restaurants, supérettes, bureaux de poste		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Autres		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ZONES D'ACTIVITE		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
TOTAL DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES			0,97		1,22		1,57		1,87		1,92		1,92			

PROJECTION DE GLACE

Risque : PROJECTION DE GLACE																
		E1			E2			E3			E4			E5		
Rayon d'effet depuis centroïde (m):		297			297			297			297			297		
Unités		Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	
TERRAINS NON-BATIS	Terrains non-aménagés et très peu fréquentés	27,47	0,27		27,52	0,28		27,21	0,27		27,20	0,27		27,49	0,27	
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,00	0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	
	Terrains aménagés et fréquentés voire très fréquentés	0,00	0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	
VOIES DE CIRCULATION	Non-structurante (< 2000 véh./jour)															
	Chemin rural	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
	Chemin d'accès/Plateforme	0,32	0,03		0,27	0,03		0,28	0,03		0,45	0,05		0,30	0,03	
	Route communale	0,00	0,00		0,00	0,00	590,00	0,30	0,03	275,00	0,14	0,01		0,00	0,00	
	Route départementale	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
	Structurante (> 2000 véh./jour)	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
	Autoroute	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
	Route structurante (2*2 voies)	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
	Route structurante (2*1 voie)	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
	Voie ferrée (2 voies)	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
	Voie ferrée (1 voie)	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Voie navigable	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		
Chemins de randonnées	0,00	0,00		0,00	0,00	550,00	0,28	0,33	250,00	0,13	0,15	685,00	0,34	0,41		
LOGEMENT	Moyenne INSEE	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
ERP	Commerces et ERP de catégorie 5: magasin de détail de proximité (boulangerie, presse, coiffeur...)	0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0	
	Commerces et ERP de catégorie 5: tabacs, café, restaurants, supérettes, bureaux de poste	0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0	
	Autres	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
ZONES D'ACTIVITE		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
TOTAL DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES		0,31			0,30			0,66			0,48			0,72		

EFFONDREMENT

		Risque : EFFONDREMENT														
		E1			E2			E3			E4			E5		
Rayon d'effet depuis centroide (m) :		153			153			153			153			153		
Unités		Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées
TERRAINS NON-BATIS	Terrains non-aménagés et très peu fréquentés		7,21	0,07		7,20	0,07		7,11	0,07		7,14	0,07		7,17	0,07
	Terrains aménagés mais peu fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Terrains aménagés et fréquentés voire très fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
VOIES DE CIRCULATION	Non-structurante (< 2000 véh./jour)															
	Chemin rural		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Chemin d'accès/Plateforme		0,18	0,02		0,19	0,02		0,16	0,02		0,25	0,03		0,22	0,02
	Route communale		0,00	0,00		0,00	0,00	250,00	0,13	0,01		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route départementale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Structurante (> 2000 véh./jour)															
	Autoroute		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2 ^e 2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2 ^e 1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie ferrée (2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
Voie ferrée (1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Voie navigable		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Chemins de randonnées		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	330,00	0,17	0,20	
LOGEMENT	Alouette NSEE		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ERP	Commerces et ERP de catégorie 5 : magasin de détail de proximité (boulangerie, presse, coiffeur...)		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Commerces et ERP de catégorie 5 : tabacs, café, restaurants, supérettes, bureaux de poste		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Autres		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ZONES D'ACTIVITE		0,00			0,00			0,00			0,00			0,00		0,00
TOTAL DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES			0,09		0,09		0,10		0,10		0,10		0,29		0,29	

CHUTE D'ELEMENTS

		Risque : CHUTE D'ELEMENT														
		E1			E2			E3			E4			E5		
Rayon d'effet depuis centroïde (m):		49			49			49			49			49		
Unités		Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées
TERRAINS NON-BATIS	Terrains non-aménagés et très peu fréquentés		0,65	0,01		0,65	0,01		0,65	0,01		0,62	0,01		0,65	0,01
	Terrains aménagés mais peu fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Terrains aménagés et fréquentés voire très fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
VOIES DE CIRCULATION	Non-structurante (< 2000 véh./jour)															
	Chemin rural		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Chemin d'accès/Plateforme		0,12	0,01		0,12	0,01		0,12	0,01		0,15	0,02		0,12	0,01
	Route communale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route départementale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Structurante (> 2000 véh./jour)															
	Autoroute		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie ferrée (2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
Voie ferrée (1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Voie navigable		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Chemins de randonnées		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		80,00	0,04	0,05
LOGEMENT	Moyenne INSEE		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ERP	Commerces et ERP de catégorie 5: magasin de détail de proximité (boulangerie, presse, coiffeur...)		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Commerces et ERP de catégorie 5: tabacs, café, restaurants, supérettes, bureaux de poste		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Autres		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ZONES D'ACTIVITE		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
TOTAL DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES			0,02		0,02		0,02		0,02		0,02		0,07			

CHUTE DE GLACE

		Risque : CHUTE DE GLACE														
		E1			E2			E3			E4			E5		
Rayon d'effet depuis centrale (m)		49			49			49			49			49		
Unités		Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées
TERRAINS NON-BATIS	Terrains non-aménagés et très peu fréquentés		0,65	0,01		0,65	0,01		0,65	0,01		0,62	0,01		0,65	0,01
	Terrains aménagés mais peu fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00			0,00
	Terrains aménagés et fréquentés voire très fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00			0,00
VOIES DE CIRCULATION	Non-structurante (< 2000															
	Chemin rural		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Chemin d'accès/Plateforme		0,12	0,01		0,12	0,01		0,12	0,01		0,15	0,02		0,12	0,01
	Route communale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route départementale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Structurante (> 2000 véh./jour)															
	Autoroute		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie ferrée (2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
Voie ferrée (1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Voie navigable		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Chemins de randonnées		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	80,00	0,04	0,05	
LOGEMENT	Moyenne INSEE		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ERP	Commerces et ERP de catégorie 5 : magasin de détail de proximité (boulangerie, presse, coiffeur...)		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Commerces et ERP de catégorie 5 : tabacs, café, restaurants, supérettes, bureaux de poste		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Autres		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ZONES D'ACTIVITE			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	
TOTAL DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES			0,02		0,02		0,02		0,02		0,02		0,07			