DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

PARC EOLIEN DE LA PLAINE DU TORS

Communes de Belleville-en-Caux, Calleville-les-Deux-Eglises, Val-de-Saâne et Saint-Vaast-du-Val

Département de Seine-Maritime (76)

Décembre 2019

5 - ETUDE DE DANGERS

PJ n°49 – PJ n°46 (POUR LES PROCÉDÉS DE FABRICATION) SELON LE CERFA N°15964*01

Développeurs éoliens :

LANGA ENGIE — seider — Terre et Lac Conseil

Bureau d'études :

Alise Environnement

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

PARC EOLIEN DE LA PLAINE DU TORS

Communes de Belleville-en-Caux, Calleville-les-Deux-Eglises, Val-de-Saâne et Saint-Vaast-du-Val

Département de Seine-Maritime (76)

Décembre 2019

5 - ETUDE DE DANGERS

PJ n°49 – PJ n°46 (POUR LES PROCÉDÉS DE FABRICATION) SELON LE CERFA N°15964*01

Développeurs éoliens :

LANGA

ZAC CAP MALO, Avenue du phare de la balue

35520 La Mézière

Site : www.langa.fr

SEIDER

4, La Croix

36200 Ceaulmont

Site : www.seider-energies.com

Terre et Lac Conseil

3 place Renaudel

69003 Lyon

Tél : 06 80 07 39 69

Site : www.terreetlac.com/

Bureau d'études :

ALISE environnement

102 rue du Bois Tison

76160 ST JACQUES-SUR-DARNETAL

Tél. : 02 35 61 30 19

Fax : 02 35 66 30 47

Site : www.alise-environnement.fr

SOMMAIRE

1 - INTRODUCTION 9

1.1 - Objet de l'étude de dangers 9

1.2 - Contexte législatif et réglementaire 9

1.3 - Référence nomenclature ICPE 10

1.4 - Renseignements administratifs 11

2 - LOCALISATION DU SITE 12

2.1 - Situation géographique 12

2.2 - Situation administrative 15

2.3 - Coordonnées et localisation des éoliennes et des postes de livraison 15

2.4 - Définition des aires d'étude 19

3 - ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION 21

3.1 - Environnement naturel 21

3.1.1 - Contexte climatique 21

3.1.2 - Risques majeurs 24

3.2 - Environnement lié à l'activité humaine 30

3.2.1 - Zones urbanisées et urbanisables 30

3.2.2 - Documents d'urbanisme 30

3.2.3 - Les établissements sensibles et les établissements recevant du public au niveau de l'aire d'étude 31

3.2.4 - Activités 31

3.2.5 - Réseaux de transports 31

3.2.6 - Réseaux 32

3.2.7 - Risques technologiques 33

3.3 - Cartographie de synthèse DES ENJEUX AUTOUR DES EOLIENNES 36

3.3.1 - Nombre d'équivalent personnes permanentes 36

3.3.2 - Cartographie 36

4 - ACTIVITE DE L'INSTALLATION 38

4.1 - Nature des activités 38

4.2 - Caractéristiques de l'installation 38

4.2.1 - Caractéristiques générales d'un parc éolien 38

4.2.2 - Eléments constitutifs d'un aérogénérateur 38

4.2.3 - Activité de l'installation 40

4.2.4 - Composition de l'installation 40

4.3 - Fonctionnement de l'installation 42

4.3.1 - Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur 42

4.3.2 - Sécurité des installations 42

4.3.3 - Opérations de maintenance de l'installation 44

4.3.4 - Stockage et flux de produits dangereux 45

4.4 - Fonctionnement des réseaux de l'installation 45

4.4.1 - Réseaux électriques 45

4.4.2 - Autres réseaux 45

5 - IDENTIFICATION DES POTENTIELS DANGERS DE L'INSTALLATION 46

5.1 - Potentiels de dangers liés aux produits 46

5.1.1 - Inventaire des produits 46

5.1.2 - Danger des produits 46

5.1.3 - Conclusion 46

5.2 - Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation 46

5.3 - Réduction des potentiels de danger à la source 47

5.3.1 - Principales actions préventives 47

5.3.2 - Utilisation des meilleures techniques disponibles 48

6 - ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE 49

6.1 - Introduction 49

6.2 - Inventaire et description des accidents et incidents en France 49

6.2.1 - Bases de données consultées 49

6.2.2 - Inventaires des accidents en France 49

6.3 - Inventaire des accidents et incidents à l'international 51

6.4 - Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant 52

6.5 - Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience 52

6.5.1 - Analyse de l'évolution des accidents en France 52

6.5.2 - Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents 53

6.6 - Limites d'utilisation de l'accidentologie 53

7 - ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR) 54

7.1 - Objectifs de l'APR 54

7.2 - Recensement des évènements initiateurs exclus de l'analyse des risques 54

7.3 - Recensement des agressions externes potentielles 54

7.3.1 - Agressions externes liées aux activités humaines 54

7.3.2 - Agressions externes liées aux phénomènes naturels 56

7.4 - Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques 57

7.5 - Effets dominos 60

7.6 - Mise en place des mesures de sécurité 60

7.7 - Conclusion de l'analyse préliminaire des risques 65

8 - ETUDE DETAILLEE DES RISQUES 66

8.1 - Rappel des définitions 66
8.1.1 - Cinétique 66
8.1.2 - Intensité 66
8.1.3 - Gravité 66
8.1.4 - Probabilité 67
8.1.5 - Acceptabilité 68
8.2 - Caractérisation des scénarios retenus 69
8.2.1 - Effondrement de l'éolienne 69
8.2.2 - Chute de glace 72
8.2.3 - Chute d'éléments des éoliennes 74
8.2.4 - Projection de pales ou de fragments de pales 77
8.2.5 - Projection de glace 80
8.3 - Synthèse de l'étude détaillée des risques 83
8.3.1 - Tableaux de synthèse des scénarios étudiés 83
8.3.2 - Synthèse de l'acceptabilité des risques 83
9 - MOYENS D'INTERVENTIONS ET DE LIMITATION DES CONSEQUENCES DES DANGERS 85
9.1 - Moyens internes 85
9.1.1 - Organisation en cas de dysfonctionnement 85
9.1.2 - Moyens matériels 85
9.1.3 - Moyens humains 85
9.2 - Moyens externes 85
10 - CONCLUSION 86
11 - ANNEXES A L'ETUDE DE DANGERS 88
11.1 - Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne 89
11.1.1 - Terrains non bâtis 89
11.1.2 - Voies de circulation 89
11.1.3 - Logements 89
11.1.4 - Etablissements recevant du public (ERP) 89
11.1.5 - Zones d'activité 90
11.2 - Annexe 2 – Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques 91
11.2.1 - Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02) 91
11.2.2 - Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07) 91
11.2.3 - Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02) 92
11.2.4 - Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03) 92
11.2.5 - Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P03) 92
11.2.6 - Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10) 93
11.3 - Annexe 3 – Probabilité d'atteinte et risque individuel 94
11.4 - Annexe 4 – Analyse des accidents survenus en France 95
11.5 - Annexe 5 –Glossaire 111
11.6 - ANNEXE 6 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES 113

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Rubriques de la nomenclature des I.C.P.E. 10
Tableau 2 : Communes de la zone d'implantation potentielle 10
Tableau 3 : Communes du rayon d'affichage 10
Tableau 4 : Renseignements administratifs du demandeur 11
Tableau 5 : Situation géographique du projet 12
Tableau 6 : Principales villes de la région par rapport au projet 12
Tableau 7 : Liste des sections et parcelles cadastrales 15
Tableau 8 : Coordonnées des éoliennes et des postes de livraison 15
Tableau 9 : Températures moyennes à la station de Dieppe (en °C – période 1981-2010) 21
Tableau 10 : Précipitations moyennes mensuelles de la station de Dieppe (en mm - période : 1981–2010) 22
Tableau 11 : Nombre de jours de pluie par mois à la station de Dieppe pour la période 1981-2010 22
Tableau 12 : Records des températures minimales et maximales, et nombres de jours de gel et nombres de jours avec T° <= - 5°C à la station de Dieppe (en °C - période : 1981 à 2010) 22
Tableau 13 : Catastrophes naturelles « mouvements de terrain » sur les communes étudiées 24
Tableau 14 : Arrêtés de catastrophes naturelles sur les communes concernées par la Z.I.P. 26
Tableau 15 : Population et densité de population sur les communes concernées par la Z.I.P. en 2016 30
Tableau 16 : Distance la plus courte entre les éoliennes et les zones d'habitat 30
Tableau 17 : Etablissements sensibles situés sur les communes concernées par la Z.I.P. et les communes voisines 31
Tableau 18 : Comptages routiers 32
Tableau 19 : Antenne de télécommunication sur la commune de Val-de-Saâne 33
Tableau 20 : ICPE dans un rayon de 6 km autour de la Z.I.P. 33
Tableau 21 : Nombre d'équivalent-personnes permanentes dans l'aire d'étude de 500m 36
Tableau 22 Caractéristiques des modèles d'éolienne envisagés 38
Tableau 23 Caractéristiques du gabarit maximaliste 38
Tableau 24 : Caractéristiques des modèles d'éolienne envisagé et du gabarit d'éolienne maximaliste 40
Tableau 25 : Coordonnées des éoliennes et des postes de livraison 40
Tableau 26 : Caractéristiques de fonctionnement – Gabarit d'éolienne maximaliste 42
Tableau 27 : Caractéristiques techniques des éléments constituants du parc éolien 42
Tableau 28 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation 46
Tableau 29 : Principales agressions extérieures potentielles 55
Tableau 30 : Distance entre les éoliennes et les routes du secteur 56
Tableau 31 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels 57
Tableau 32 : Analyse des risques 57
Tableau 33 : Fonction de sécurité 60
Tableau 34 : Scénarios exclus 65
Tableau 35 : Degré d'exposition 66
Tableau 36 : Echelle de gravité des conséquences sur l'homme 67
Tableau 37 : Echelle de gravité des conséquences sur l'environnement 67
Tableau 38 : Acceptabilité des conséquences selon la classe de probabilité 68
Tableau 39 : Intensité du phénomène « Effondrement de l'éolienne » - Gabarit d'éolienne maximaliste 69
Tableau 40 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Effondrement de l'éolienne » 70
Tableau 41 : Gravité du phénomène « Effondrement de l'éolienne » 70
Tableau 42 : Probabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne » 70
Tableau 43 : Acceptabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne » 71
Tableau 44 : Intensité du phénomène « Chute de glace » - Gabarit d'éolienne maximaliste 72
Tableau 45 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Chute de glace » 73
Tableau 46 : Gravité du phénomène « Chute de glace » 73
Tableau 47 : Acceptabilité du phénomène « Chute de glace » 73
Tableau 48 : Intensité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne » - Gabarit d'éolienne maximaliste 74
Tableau 49 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Chute d'éléments de l'éolienne » 75
Tableau 50 : Gravité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne » 75
Tableau 51 : Acceptabilité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne » 76
Tableau 52 : Intensité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale » - Gabarit d'éolienne maximaliste 77
Tableau 53 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Projection de pale ou de fragments de pale» 78
Tableau 54 : Gravité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale » 78
Tableau 55 : Probabilité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale » 78
Tableau 56 : Acceptabilité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale » 79
Tableau 57 : Intensité du phénomène « Projection de morceaux de glace » - Gabarit d'éolienne maximaliste 80
Tableau 58 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Projection de glace » 81
Tableau 59 : Gravité du phénomène « Projections de morceaux de glace » 81
Tableau 60 : Acceptabilité du phénomène « Projection de morceaux de glace » 82
Tableau 61 : Synthèse des scénarios étudiés 83
Tableau 62 : Coordonnées des services de sécurités et de secours publics ou privés 85

Tableau 63 : Hiérarchisation des phénomènes dangereux 86
Tableau 64 : Niveau d'acceptabilité des risques 86

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation géographique du projet 13
Figure 2 : Localisation de la Z.I.P. 14
Figure 3 : Localisation des éoliennes et des postes de livraison 16
Figure 4 : Situation cadastrale du projet (E1 à E4) 17
Figure 5 : Situation cadastrale du projet (E5 à E8) 18
Figure 6 : Carte des aires d'étude 20
Figure 7 : Températures moyennes mensuelles à la station de Dieppe (en °C - période : 1981–2010) 21
Figure 8 : Nombre de jours de neige par an 21
Figure 9 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Dieppe (en mm - période : 1981–2010) 22
Figure 10 : Nombre moyen de jours de gel à la station de Dieppe (en °C - période : 1981 à 2010) 23
Figure 11 : Densité moyenne de foudre au sol par km²/an en centième (période 1997-2014) 23
Figure 12 : Potentiel éolien de la France 23
Figure 13 : Vitesse moyenne des vents à 40 m de hauteur en Seine-Maritime 24
Figure 14 : Indices de cavités souterraines recensées à proximité de la zone d'implantation potentielle avant l'étude de recherche des cavités souterraines 26
Figure 15 : Risque d'inondation par remontée de nappe 27
Figure 16 : Fonctionnement hydrologique sur la zone d'implantation potentielle 27
Figure 17 : Carte des zones sismiques en France 28
Figure 18 : Densité moyenne de foudre au sol par km²/an en centième (période 1997-2014) 29
Figure 19 : Réseau viaire à proximité de la Z.I.P. 32
Figure 20 : Synthèse des servitudes et contraintes techniques sur la Z.I.P. 35
Figure 21 : Carte des enjeux dans un rayon de 500 m autour des éoliennes 37
Figure 22 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur 39
Figure 23 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne 39
Figure 24 : Plan détaillé de l'installation 41
Figure 25 : Composants du parc éolien 45
Figure 26 : Répartition en pourcentage des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011 50
Figure 27 : Répartition en pourcentage des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs français entre janvier 2012 et juin 2019 50
Figure 28 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et septembre 2019 51
Figure 29 : Répartition des causes premières d'effondrement (données 2000-2011) 51
Figure 30 : Répartition des causes premières de rupture de pale (données 2000-2011) 51
Figure 31 : Répartition des causes premières d'incendie (données 2000-2011) 52
Figure 32 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées entre 2000 et 2011 52
Figure 33 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et puissance totale raccordée entre 2012 et 2019 52
Figure 34 : Carte des enjeux et projet d'implantation – Scénario « Effondrement de l'éolienne » 69
Figure 35 : Carte des enjeux et projet d'implantation – Scénario « Chute de glace » 72
Figure 36 : Carte des enjeux et projet d'implantation – Scénario « Chute d'éléments des éoliennes » 74
Figure 37 : Carte des enjeux et projet d'implantation – Scénario « Projection de pales ou de fragments de pales » 77
Figure 38 : Carte des enjeux et projet d'implantation – Scénario « Projection de glace » 80
Figure 39 : Carte de synthèse des enjeux et des zones d'effet du projet du parc éolien de la Plaine du Tors 84

1 - INTRODUCTION

1.1 - OBJET DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par SEIDER, TERRE ET LAC CONSEIL et LANGA pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du projet éolien de la Plaine du Tors, 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 éolien de la Plaine du Tors. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien de la Plaine du Tors, 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.

La présente étude de dangers a été réalisée par le bureau d'études ALISE, expérimenté notamment dans les dossiers ICPE de parcs éoliens et d'autres ouvrages, en collaboration avec les équipes de SEIDER, TERRE ET LAC CONSEIL et LANGA pour les données de calculs. Les méthodes de calcul de danger sont celles du GUIDE TECHNIQUE « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens », validé en juin 2012 par la Direction Générale de Prévention des Risques (DGPR). Les éléments de ce guide ont été pris en compte dans la présente étude.

1.2 - CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

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

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

Ainsi, l'étude de dangers a pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents 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 dangers ;
- enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs) ;
- analyse préliminaire des risques ;
- étude détaillée de réduction des risques ;
- quantification et hiérarchisation des différents scénarios en terme de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection ;
- représentation cartographique ;
- résumé non technique de l'étude des dangers.

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

1.3 - REFERENCE NOMENCLATURE ICPE

Au titre de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement, le projet est concerné par la rubrique suivante :

Tableau 1 : Rubriques de la nomenclature des I.C.P.E.

Rubrique	Désignation de l'activité	Régime	Rayon d'affichage	Caractéristiques de l'installation
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 km	8 éoliennes de 150 m de hauteur maximale totale, de 92 m au moyeu et de 96,7 m au sens ICPE (mât+nacelle) (gabarit maximaliste)

*A : autorisation D : déclaration

Le parc éolien de la Plaine du Tors 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 unique.

Le rayon d'affichage est de 6,0 km. Il permet de définir le périmètre à l'intérieur duquel l'affichage de l'avis d'enquête publique est obligatoire.

Les communes concernées sont situées dans le département de la Seine-Maritime :

❖ **Zone d'implantation potentielle :**

Tableau 2 : Communes de la zone d'implantation potentielle

Département	Communes	N°INSEE
Seine-Maritime (76)	BELLEVILLE-EN-CAUX	76072
	CALLEVILLE-LES-DEUX-EGLISES	76153
	VAL-DE-SAANE	76018
	SAINT-VAAST-DU-VAL	76654

❖ **Autres communes du rayon d'affichage :**

Tableau 3 : Communes du rayon d'affichage

Département	Communes	N°INSEE
Seine-Maritime (76)	ANCRETIEVILLE-SAINT-VICTOR	76010
	AUZOUVILLE-SUR-SAANE	76047
	BACQUEVILLE-EN-CAUX	76051
	BEAUTOT	76066
	BEAUVAL-EN-CAUX	76063
	BELMESNIL	76075
	BERTRIMONT	76086
	BIVILLE-LA-BAIGNARDE	76096
	BOURDAINVILLE	76132
	ECTOT-L'AUBERT	76227
	GUEUTTEVILLE	76335
	HEUGLEVILLE-SUR-SCIE	76360
	IMBLEVILLE	76373
	LA FONTELAYE	76274
	LAMBERVILLE	76379
	LE TORP-MESNIL	76699
	LESTANVILLE	76383
	LINDEBEUF	76387
	ROYVILLE	76546
	SAANE-SAINT-JUST	76549
	SAINT-DENIS-SUR-SCIE	76574
	SAINT-MACLOU-DE-FOLLEVILLE	76602
	SAINT-MARDS	76604
	SAINT-OUEN-DU-BREUIL	76628
	SAINT-OUEN-LE-MAUGER	76629
	SAINT-PIERRE-BENOUVILLE	76632
	TOTES	76700
	VAL-DE-SCIE	76034
	VARNEVILLE-BRETTEVILLE	76721
	VASSONVILLE	76723
	VIBEUF	76737

1.4 - RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Tableau 4 : Renseignements administratifs du demandeur

Identité du demandeur	
Raison sociale de la Société	Société du Parc Eolien de la Plaine du Tors
Forme juridique	Société par actions simplifiées à associé unique
Adresse du siège social	ZAC CAP MALO, Avenue du Phare de la Balue, 35 520 la Mézière
NOM, Prénom et qualité du signataire de la demande	MARTIN Etienne, Mandataire
N°SIRET	84831202100019
N° APE	3511Z / Production d'électricité
Emplacement de l'installation	
Département	Seine-Maritime (76)
Commune(s)	Belleville-en-Caux, Calleville-les-Deux-Eglises, Val-de-Saâne et Saint-Vaast-du-Val
Lieu de l'établissement actif	PDL 1 : parcelle ZB12, lieu-dit « La Plaine de BEAUMONT », 76 890 VAL-DE-SAANE PDL 2/3 : parcelle B287, lieu-dit « Plaine de Calleville », 76 890 BELLEVILLE-EN-CAUX
Nature, volume et classement des installations	
Nature des activités	Installations terrestres de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent
Volume des activités	Nombre d'aérogénérateurs : 8 **<u>Gabarit maximaliste :</u>** Diamètre du rotor : 117 m Hauteur des mâts au sens ICPE : 96,7 m Hauteur au moyeu : 92 m Hauteur totale en bout de pale : 150 m Puissance unitaire : de 3,6 à 4,2 MW Puissance totale installée : de 28,8 à 33,6 MW Et trois postes de livraison Emprise au sol : Plateforme PDL 1 : 15x8m, soit 120 m² Plateforme PDL2/PDL3 :15x11m, soit 165 m²
Rubriques de classement ICPE	2980-1 (A, 6 km)

2 - LOCALISATION DU SITE

2.1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le site retenu pour l'implantation du parc éolien de la Plaine du Tors est le suivant :

Tableau 5 : Situation géographique du projet

Région	Normandie
Département	Seine-Maritime (76)
Arrondissement	Dieppe
Canton	Luneray
Communes concernées par la Z.I.P.	Belleville-en-Caux, Calleville-les-Deux-Eglises, Val-de-Saâne, Saint-Vaast-du-Val
Communauté de communes	Terroir de Caux
Communes voisines	Auzouville-sur-Saâne, Beauval-en-Caux, La Fontelaye, Bourdainville, Saâne-Saint-Just, Bertrimont, Saint-Pierre-Bénouville, Ancretiéville-Saint-Victor, Imbleville, Le Torp-Mesnil, Tôtes, Lindebeuf, Biville-la-Baignarde, Varneville-Bretteville
EPCI voisins	CC Côte d'Albâtre, CC Plateau de Caux-Doudeville-Yerville, CC inter-Caux Vexin, CC communauté Bray-Eawy, CC Falaises du Talou, CA de la Région Dieppoise

Le tableau suivant présente les distances à vol d'oiseau entre la zone d'implantation, située sur les communes de Belleville-en Caux, Calleville-les-Deux-Eglises, Val-de-Saâne et Saint-Vaast-du-Val et les principales villes les plus proches (en termes de population) :

Tableau 6 : Principales villes de la région par rapport au projet

Communes	Distance à vol d'oiseaux
Yvetot	18 km
Dieppe	21 km
Rouen	25 km
Neufchâtel-en-Bray	30 km

La Figure 2 page 14 présente la localisation de la Z.I.P. du projet sur la carte IGN au 1/25 000.

Localisation du site

Parc éolien de la Plaine du Tors (76)

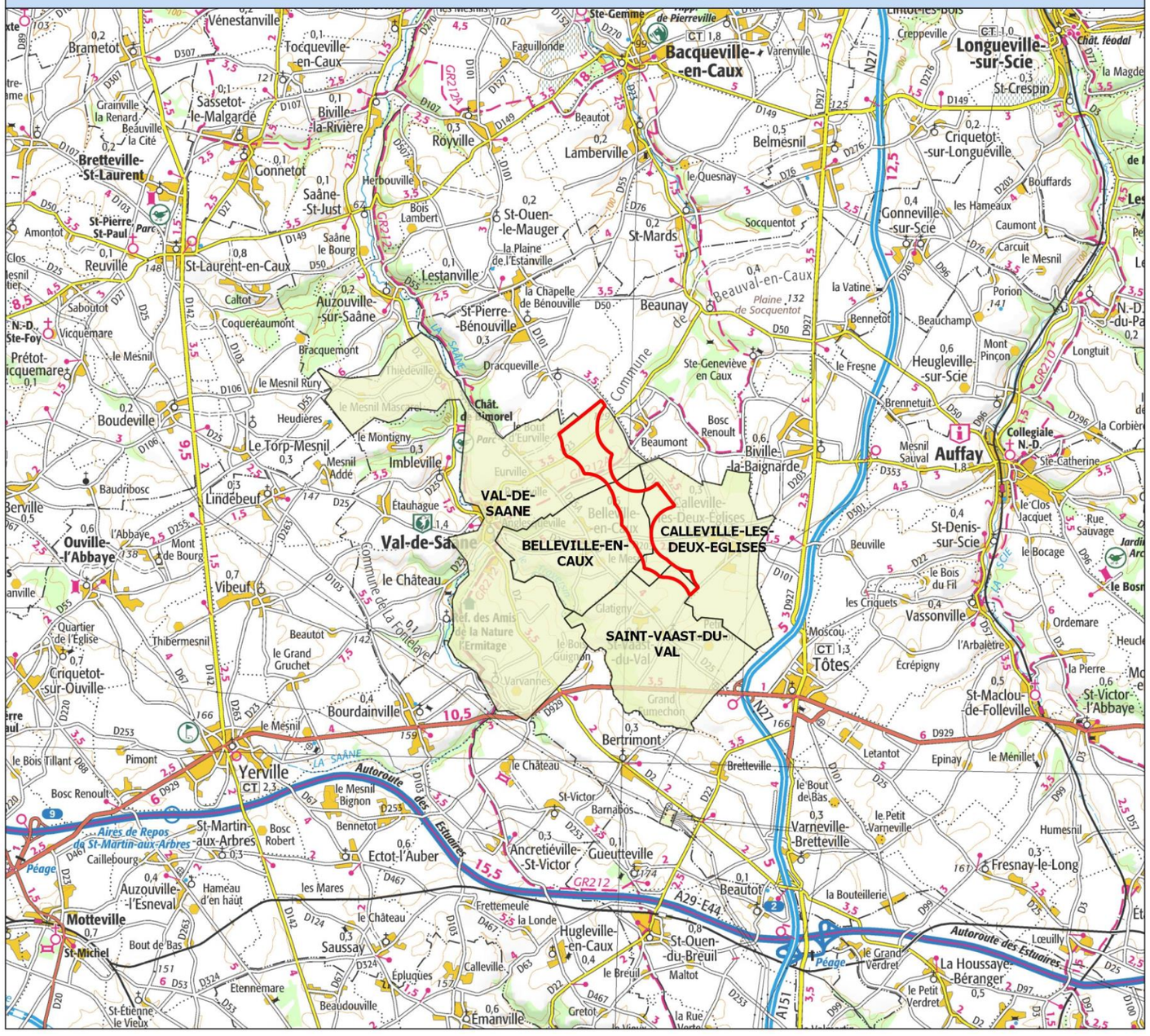
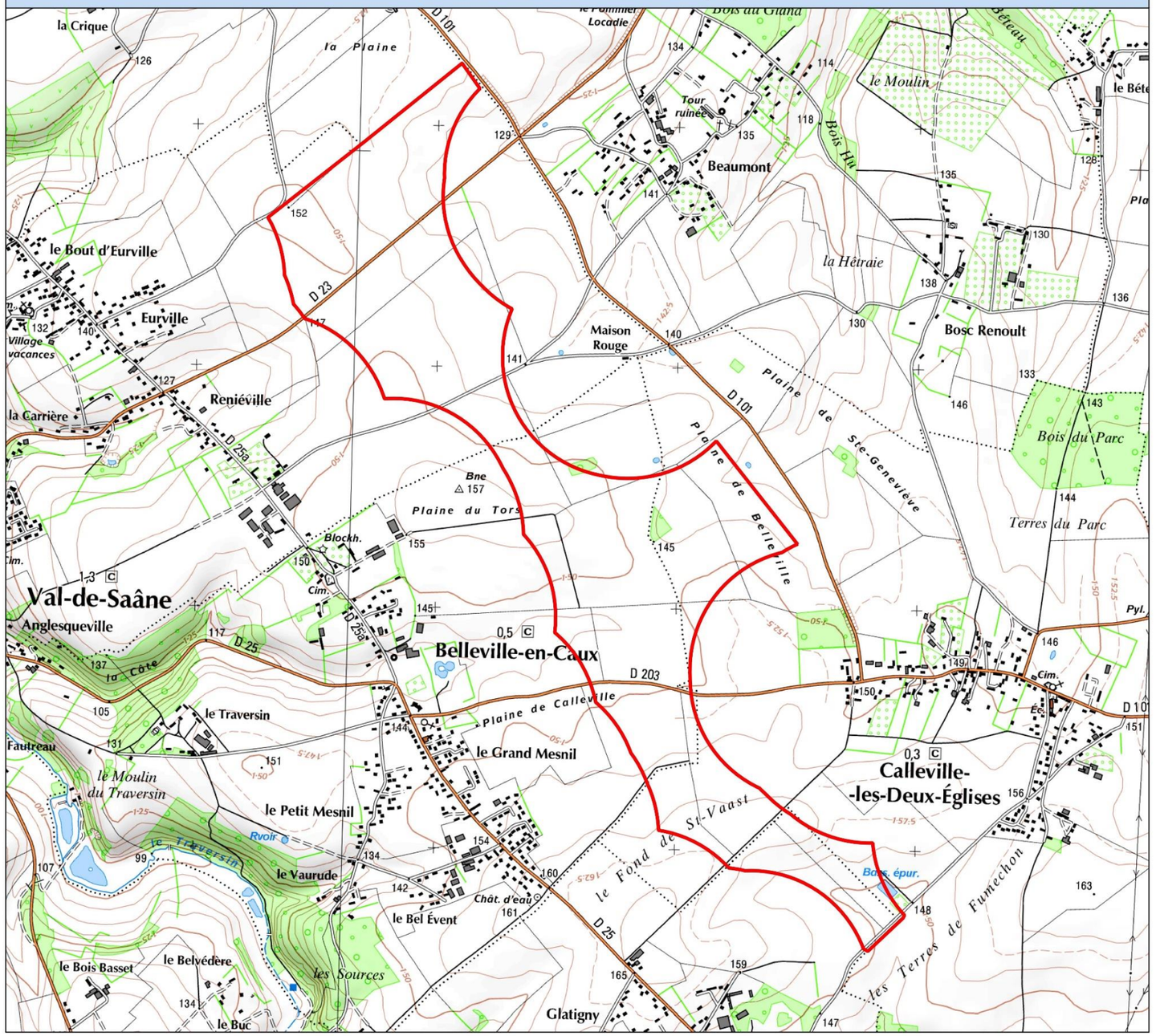


Figure 1 : Situation géographique du projet

Zone d'implantation potentielle

Parc éolien de la Plaine du Tors (76)



Zone d'implantation potentielle

N

0 400 800 m

Source : IGN.
Réalisation : Alise, 2018.

Figure 2 : Localisation de la Z.I.P.

2.2 - SITUATION ADMINISTRATIVE

Les éoliennes et les postes de livraison sont concernés par les parcelles cadastrales suivantes :

Tableau 7 : Liste des sections et parcelles cadastrales

Eolienne	N° des sections et parcelles cadastrales			Communes
	Fondation	Plateforme	Survol	
E1	ZB 5	ZB 5	ZB 5/ZB 12	Val-de-Saâne
E2	ZB 12	ZB 12	ZB 5/ZB 12	Val-de-Saâne
E3	A76	A76	A76/ ZB21	Belleville en Caux/ Val-de-Saâne (Survol)
E4	A255	A255	A255	Belleville-en-Caux
E5	A83	A83	A83/A84/A255 + chemin rural n°20 de Belleville à Calleville	Belleville-en-Caux
E6	ZA 3	ZA 3	ZA3	Belleville-en-Caux
E7	ZE 17	ZE 17	ZE17/ZE18/ZE 19	Calleville-les-Deux-Eglises
E8	ZA 19	ZA 19	ZA 19/ZA 18	Saint-Vaast-du-Val
PDL	**N° des sections cadastrales**			**Communes**
PDL 1	ZB 12			Val-de-Saâne
PDL 2	B 287			Belleville-en-Caux
PDL 3	B 287			Belleville-en-Caux

La présente étude de danger est en partie basée sur des éléments issus de l'étude d'impact sur l'environnement. L'étude initiale a été réalisée sur la zone d'implantation potentielle sur les communes de Belleville-en Caux, Calleville-les-Deux-Eglises, Saint-Vaast-du-Val et Val-de-Saâne.

2.3 - COORDONNEES ET LOCALISATION DES EOLIENNES ET DES POSTES DE LIVRAISON

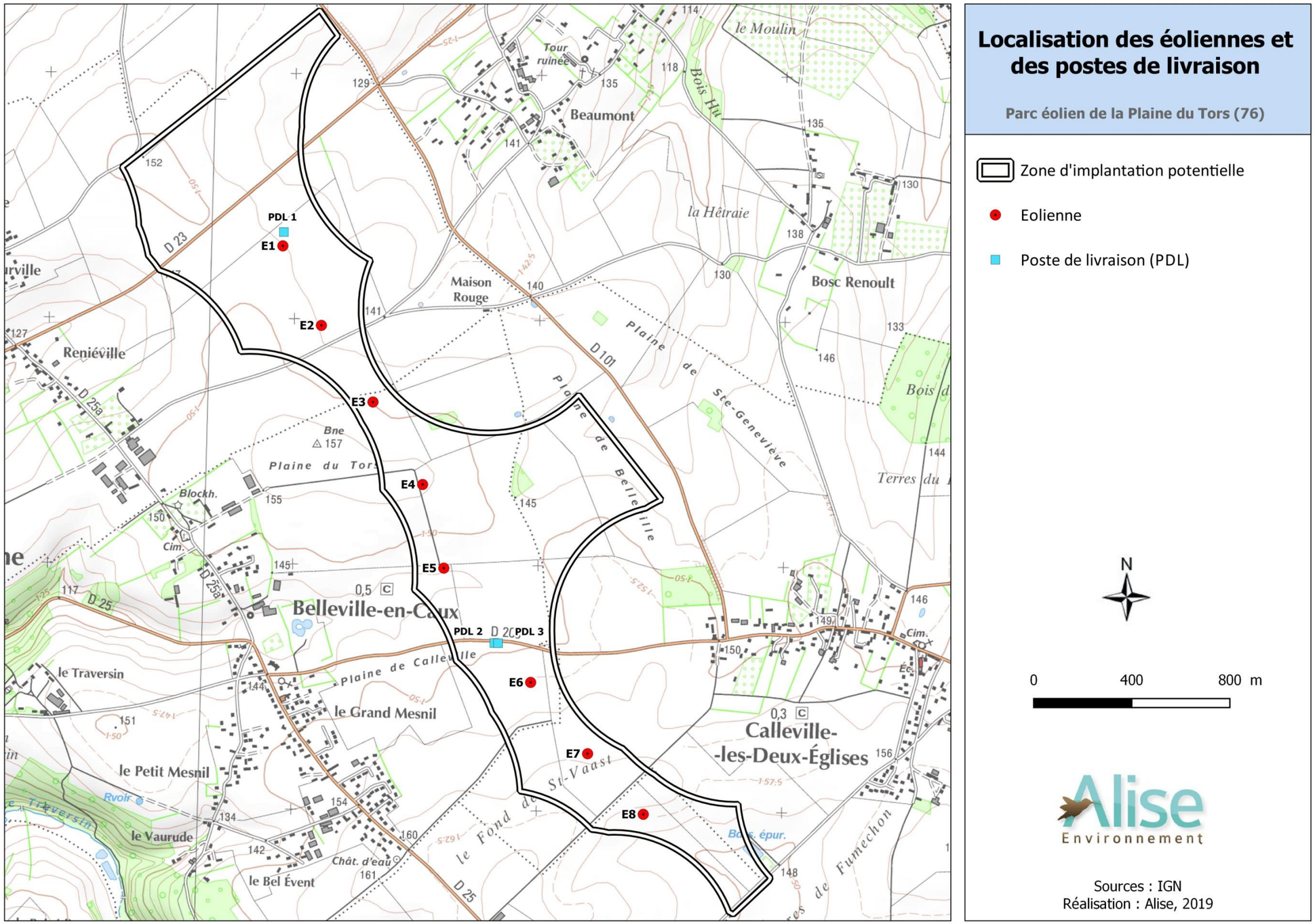
Tableau 8 : Coordonnées des éoliennes et des postes de livraison

Eoliennes	Coordonnées				Altitude (en m NGF)	
	Lambert 93		Lambert II étendu			
	X	Y	X	Y	Pied de l'éolienne	Bout de pale
E1	555012	6959688	502822	2525588	145,8	295,8
E2	555169	6959363	502982	2525264	145,2	295,2
E3	555380	6959050	503196	2524953	149,9	299,9
E4	555582	6958714	503401	2524618	155,1	305,1
E5	555669	6958373	503490	2524278	146,3	296,3
E6	556023	6957906	503849	2523814	151,8	301,8
E7	556255	6957615	504084	2523525	157,6	307,6
E8	556483	6957368	504313	2523280	157,0	307,0
PDL 1	555017	6959743	502828	2525644	144,9	
PDL 2 & 3	555883	6958067	503708	2523975	150,0	

E : éolienne,

PDL : Poste de livraison

**Avec une hauteur maximale bout de pale de 150 m*



Localisation des éoliennes et des postes de livraison

Parc éolien de la Plaine du Tors (76)

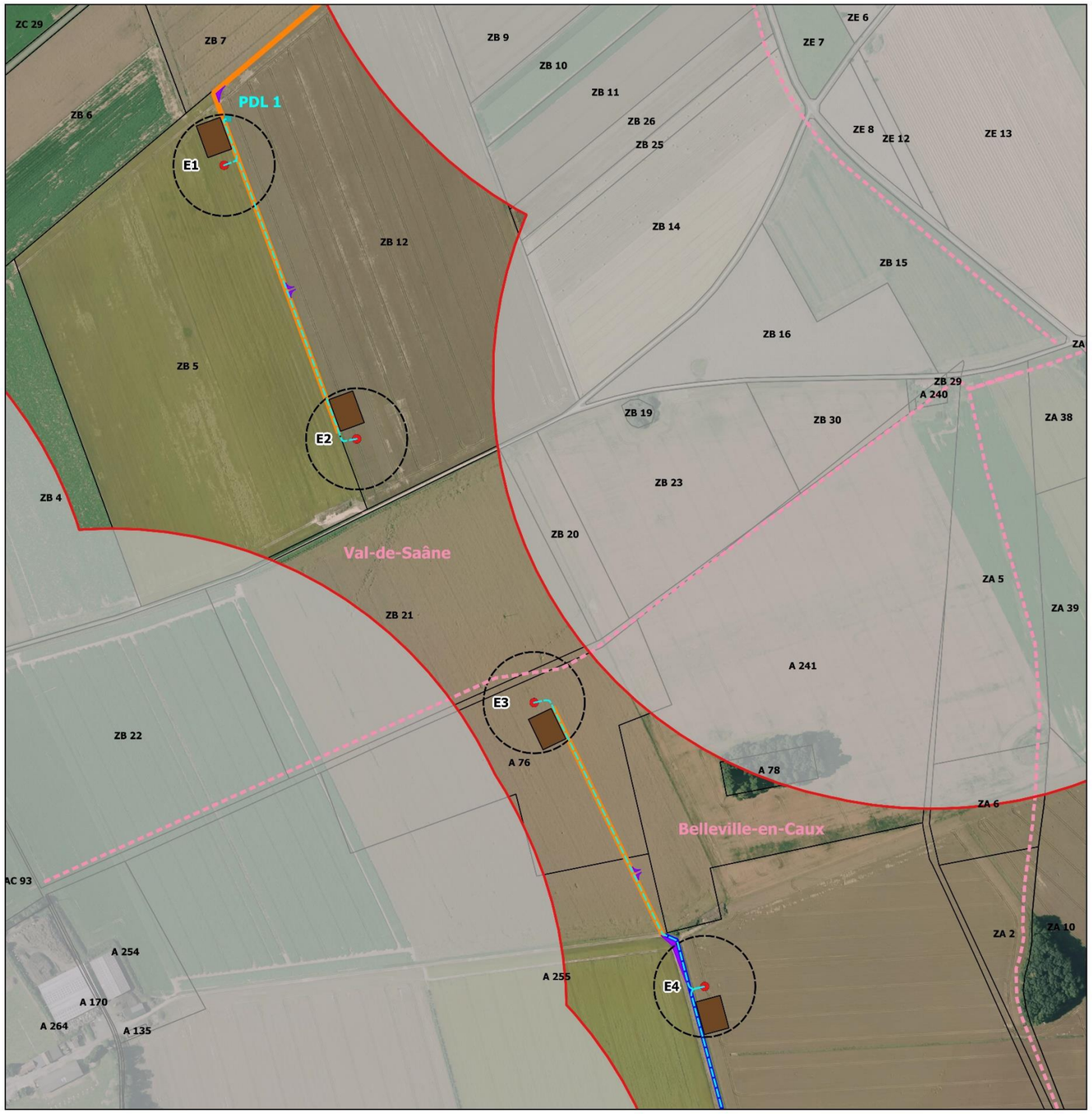
- Zone d'implantation potentielle
- Eolienne
- Poste de livraison (PDL)

N

0 400 800 m

Sources : IGN
Réalisation : Alise, 2019

Figure 3 : Localisation des éoliennes et des postes de livraison



Situation cadasdrale E1. E2. E3 & E4

Parc éolien de la Plaine du Tors (76)

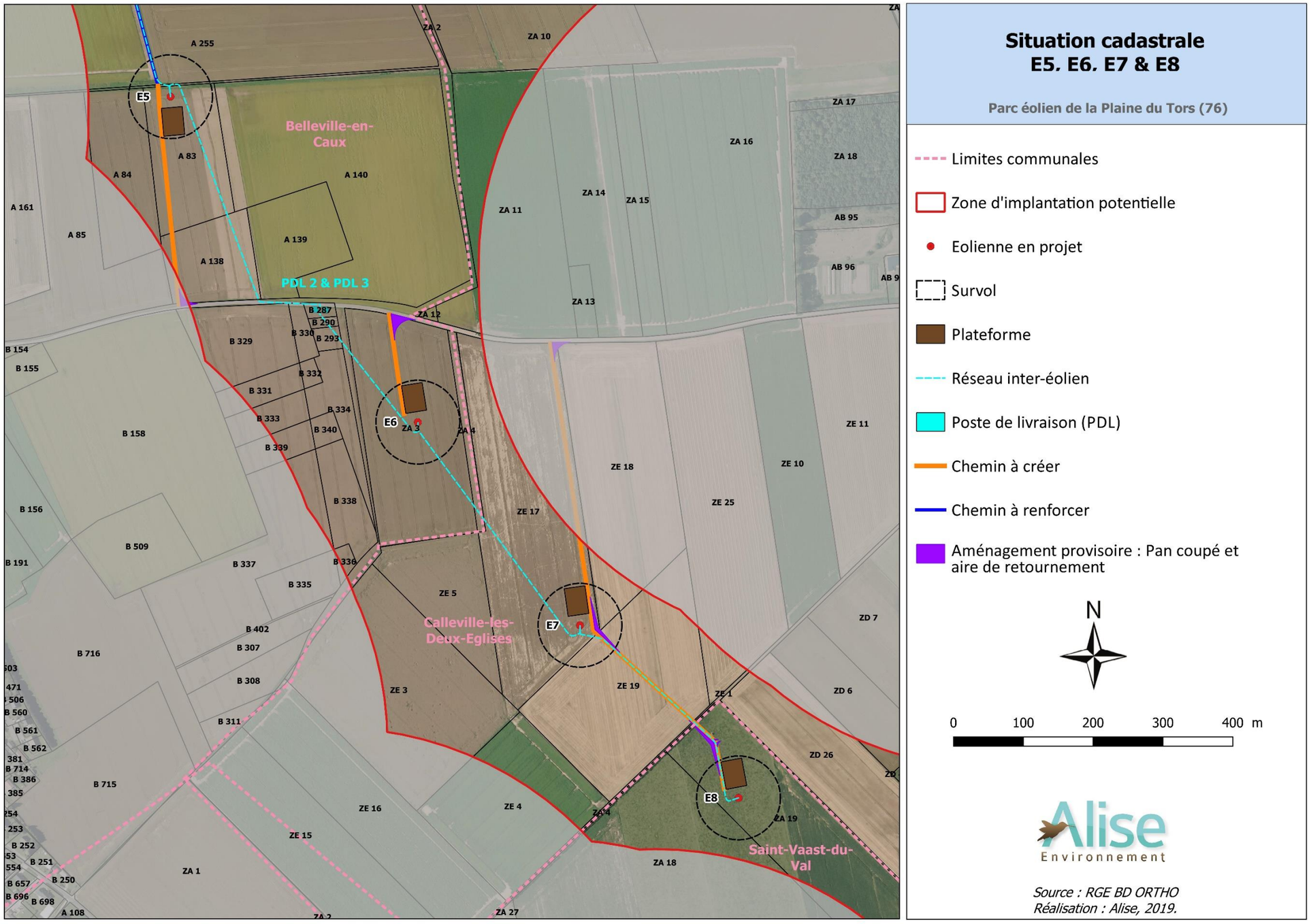
- Limites communales
- Zone d'implantation potentielle
- Eolienne en projet
- Survol
- Plateforme
- Réseau inter-éolien
- Poste de livraison (PDL)
- Chemin à créer
- Chemin à renforcer
- Aménagement provisoire : Pan coupé et aire de retournement

N

0 100 200 300 400 m

Source : RGE BD ORTHO
Réalisation : Alise, 2019.

Figure 4 : Situation cadastrale du projet (E1 à E4)



Situation cadastrale
E5, E6, E7 & E8

Parc éolien de la Plaine du Tors (76)

- Limites communales
- Zone d'implantation potentielle
- Eolienne en projet
- Survol
- Plateforme
- Réseau inter-éolien
- Poste de livraison (PDL)
- Chemin à créer
- Chemin à renforcer
- Aménagement provisoire : Pan coupé et aire de retournement

Figure 5 : Situation cadastrale du projet (E5 à E8)

2.4 - DEFINITION DES AIRES D'ETUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la plus grande distance d'effet retenue, soit pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 8.2.4 -Projection de pales ou de fragments de pales page 77. Les éoliennes seront implantées à plus de 500 m des habitations.

La zone d'étude n'intègre pas les environs des postes de livraison. Celui-ci 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 des postes de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

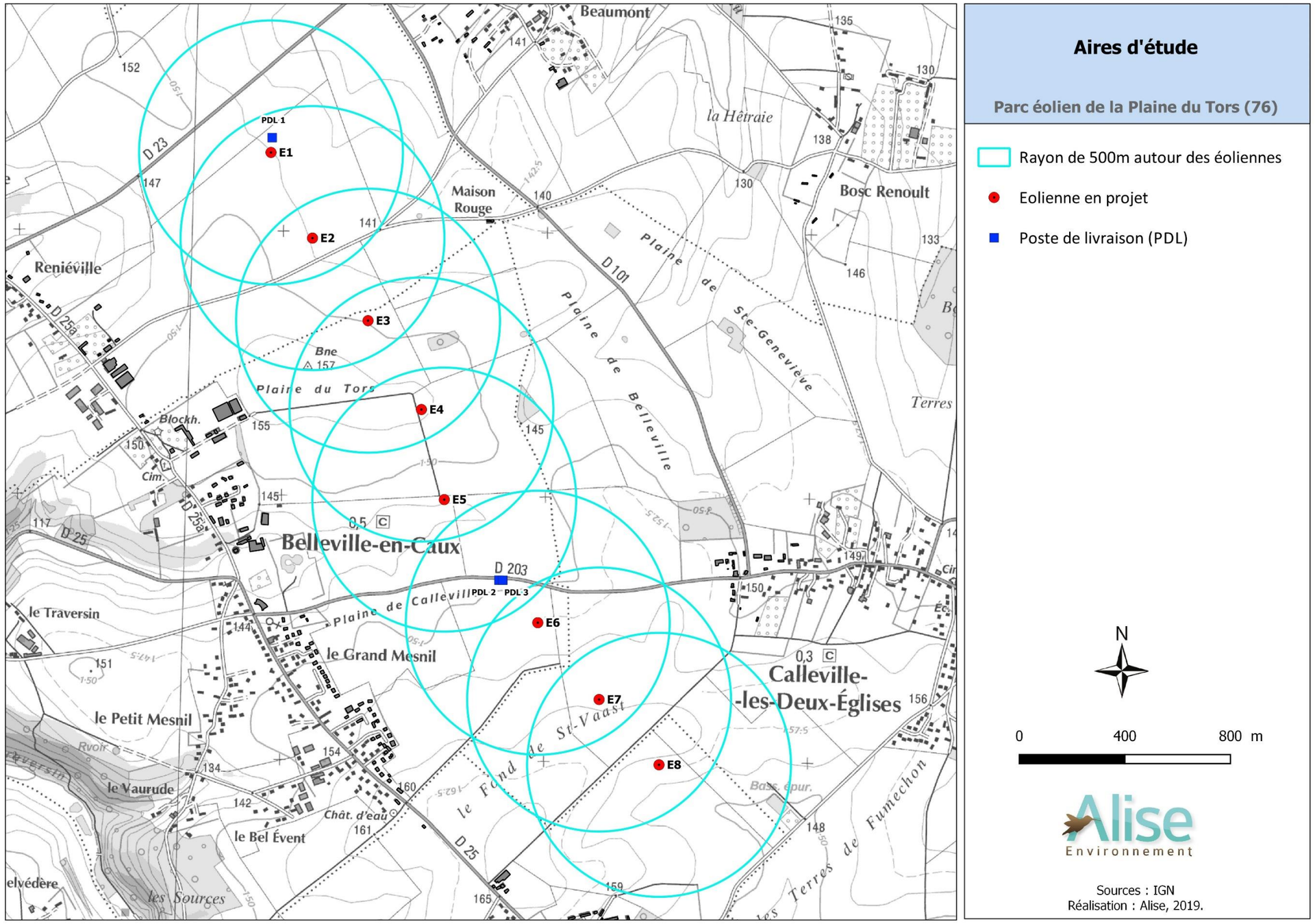


Figure 6 : Carte des aires d'étude

3 - 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).

La description complète du site du projet et de son environnement est présentée dans la partie « Etat initial » de l'Etude d'impact (chapitre 3 – Analyse de l'état initial du site et de son environnement). Une synthèse de cette partie est proposée dans les paragraphes suivants.

3.1 - ENVIRONNEMENT NATUREL

3.1.1 - Contexte climatique

3.1.1.1 - *Climatologie*

La région dans laquelle se situent les communes d'implantation bénéficie d'un climat océanique tempéré, caractérisé par une pluviométrie assez importante et une amplitude thermique annuelle faible. Les communes concernées par la Z.I.P. possèdent par conséquent ces mêmes particularités.

Les données météorologiques proviennent de la station météorologique de Météo France de Dieppe, située à environ 22 km au nord de la Z.I.P.

a) Températures

Le tableau et le graphique suivants indiquent les moyennes mensuelles des températures minimales, moyennes et maximales relevées à la station de Dieppe :

Tableau 9 : Températures moyennes à la station de Dieppe (en °C – période 1981-2010)
Source : Météo-France

T°	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Minimum	2,8	2,6	4,5	5,8	9,0	11,8	13,9	14,0	11,9	9,4	6,0	3,4	7,9
Moyenne	5,1	5,2	7,4	9,0	12,2	14,8	17,0	17,3	15,4	12,5	8,5	5,6	11,5
Maximum	7,5	7,9	10,3	12,3	15,4	17,9	20,1	20,7	18,9	15,6	11,1	7,9	13,8

La température moyenne annuelle est de 11,5°C. L'amplitude thermique est de 12,2°C. La température moyenne la plus basse s'observe en janvier (5,1°C) tandis que la température moyenne la plus élevée s'observe en août (17,3°C).

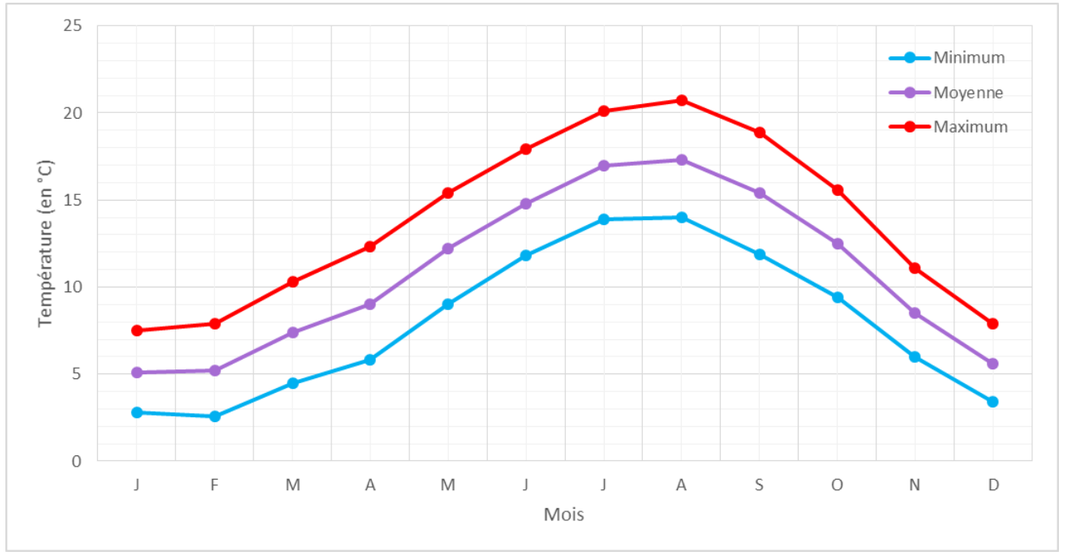


Figure 7 : Températures moyennes mensuelles à la station de Dieppe (en °C - période : 1981–2010)
Source : Météo-France

b) Neige

Des phénomènes neigeux sont possibles entre octobre et avril. Cependant, le nombre de jours moyen de neige par an est compris entre 3 et 10 d'après la figure suivante :

Figure 8 : Nombre de jours de neige par an
Source : alertes-meteo.com

c) Pluviométrie

Le tableau et le graphique suivants indiquent les moyennes mensuelles des précipitations relevées à la station de Dieppe (hauteur de précipitations en mm – période : 1981–2010) :

Tableau 10 : Précipitations moyennes mensuelles de la station de Dieppe (en mm - période : 1981–2010)
Source : Météo France

Paramètre	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
Précipitations en mm	65,8	51,5	56,7	56,6	60,6	58,6	54,7	57,0	69,9	89,8	89,2	87,8	798,2

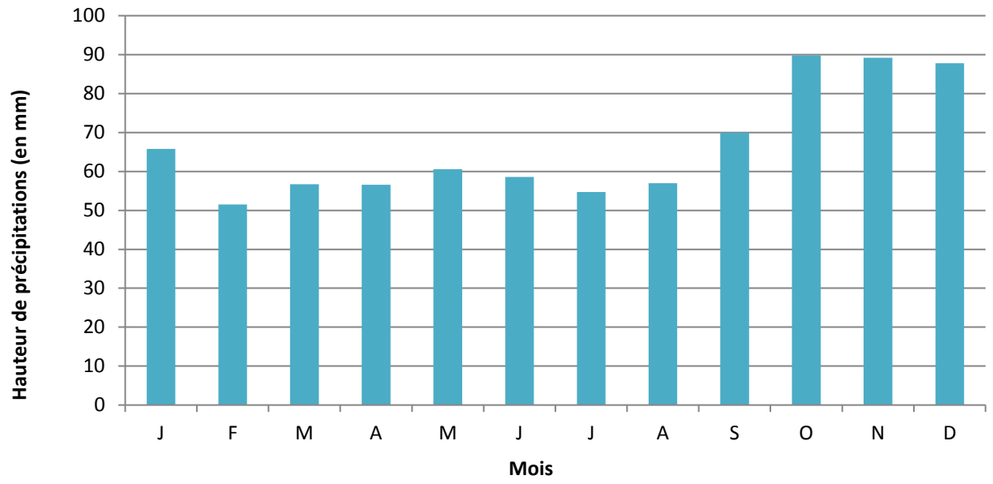


Figure 9 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Dieppe (en mm - période : 1981–2010)
Source : Météo-France

Ces données montrent que la pluviométrie dans le secteur étudié est importante avec 798,2 mm environ de précipitations en moyenne annuelle à la station de Dieppe.

On observe une période pluvieuse d'octobre à décembre des précipitations mensuelles supérieures à 70 mm. A la station de Dieppe, la répartition des précipitations est assez régulière sur l'ensemble de l'année. On note cependant un minimum en février (51,5 mm) et un maximum en octobre (89,8 mm).

Le tableau ci-après présente le nombre de jours de pluie par mois :

Tableau 11 : Nombre de jours de pluie par mois à la station de Dieppe pour la période 1981-2010
Source : Météo France

Paramètre	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Nombre de jours de pluie ≥ 1 mm	12,3	10,1	11,3	10,1	10,1	9,3	8,8	8,7	10,3	12,4	13,6	13,4	130,4
Nombre de jours de pluie ≥ 10 mm	1,7	1,0	1,0	1,3	1,5	1,5	1,6	1,5	1,8	2,8	2,9	2,8	21,4

Il pleut en moyenne plus d'un jour sur trois dans l'année. En relation avec les hauteurs de précipitations, les mois les plus pluvieux sont les mois d'automne et d'hiver.

d) Gel

Le tableau suivant présente pour chaque mois le nombre de jours de gel (période : 1981–2010) ainsi que les records des températures maximales et minimales relevés à la station de Dieppe (période : 1981–2010) :

Tableau 12 : Records des températures minimales et maximales, et nombres de jours de gel et nombres de jours avec T° <= - 5°C à la station de Dieppe (en °C - période : 1981 à 2010)
Source : Météo France

Paramètre	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Extrême
Température la plus élevée (°C)	16,4	19,4	23,2	25	31,9	34,2	**37**	36,1	31,2	27,4	19,6	16,9	**37**
Température la plus basse (°C)	**-16,4**	-12,4	-7,4	-2,6	0,4	1,8	6,5	6,4	3,8	-3,3	-6,4	-10,6	**-16,4**
Nombre de jours de gel	7,2	8,1	3,5	1	-	-	-	-	-	0,4	2,9	7,6	**30,7**
Nombre de jours avec T° <= -5°C	2,2	1,4	0,1	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,7	**4,6**

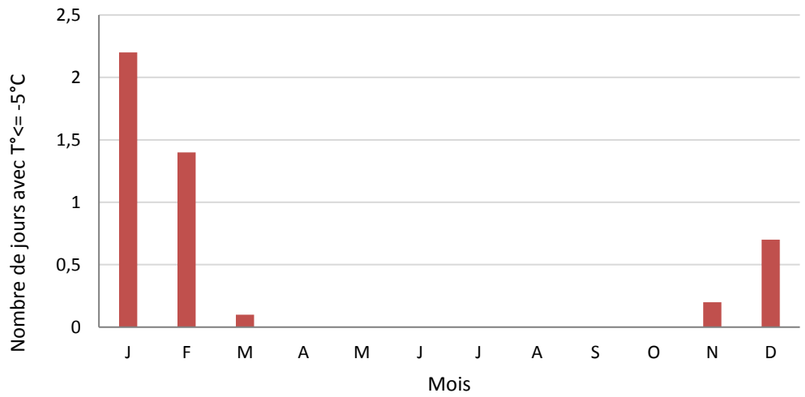


Figure 10 : Nombre moyen de jours de gel à la station de Dieppe (en °C - période : 1981 à 2010)
Source : Météo-France

La température maximale relevée à la station de Dieppe est de 37°C, en juillet 2006. La température minimale est de -16,3°C relevée en janvier 1985. En moyenne, il y a 30,7 jours de gel par an (températures inférieures à 0°C), mais les jours de gels importants (températures inférieures ou égales à -5°C) sont peu nombreux (4,6 jours par an).

e) Orages

L'activité orageuse est appréciée par la densité d'arcs (Da) qui est le nombre d'arcs de foudre par km² et par an. La moyenne française est de 1,59 arc/km²/an.

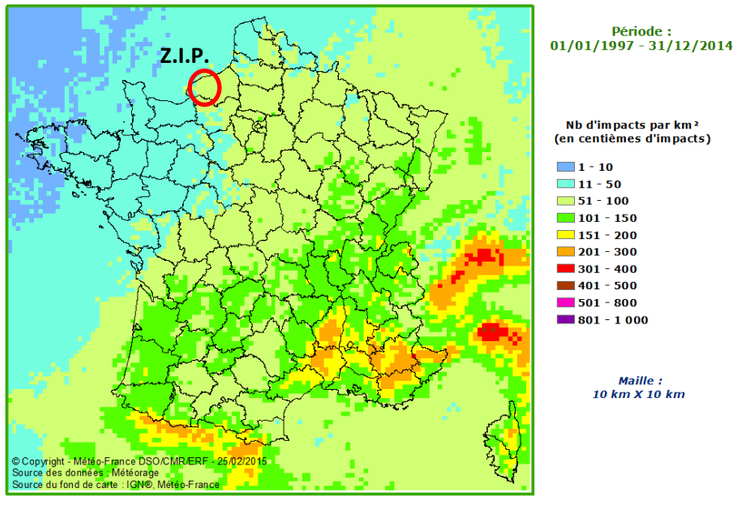


Figure 11 : Densité moyenne de foudre au sol par km²/an en centième (période 1997-2014)
Source : Météorage

La densité d'arcs du département de la Seine Maritime est de 0,51 arc/km²/an (période 1997-2014), ce qui est légèrement inférieur à la moyenne nationale (1,59 arc/km²/an).

f) Conclusion

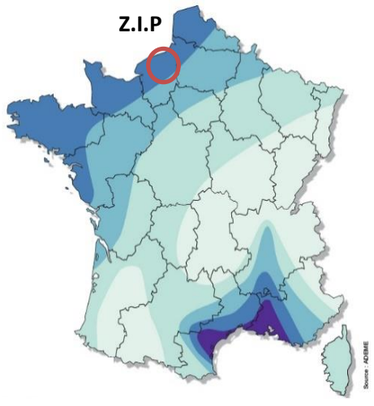
La région dans laquelle se trouve la zone d'implantation potentielle présente un climat océanique tempéré. Le nombre annuel de jours de gel est peu important et les fortes pluies n'y sont pas fréquentes.

3.1.1.2 - *Ressource éolienne*

a) Généralités

La France bénéficie d'un potentiel éolien remarquable de par son important linéaire côtier. Elle possède en effet le deuxième potentiel éolien en Europe, après celui du Royaume-Uni *(source : ADEME)*.

La carte suivante représente le potentiel éolien français à 50 m du sol et la situation de la zone d'implantation potentielle.



	Bocage dense, bois, banlieue	Rase campagne, obstacles épars	Prairies plates, quelques buissons	Lacs, mer	Crêtes** collines
Zone 1	< 3,5	< 4,5	< 5,0	< 5,5	< 7,0
Zone 2	3,5 - 4,5	4,5 - 5,5	5,0 - 6,0	5,5 - 7,0	7,0 - 8,5
Zone 3	4,5 - 5,0	5,5 - 6,5	6,0 - 7,0	7,0 - 8,0	8,5 - 10
Zone 4	5,0 - 6,0	6,5 - 7,5	7,0 - 8,5	8,0 - 9,0	10 - 11,5
Zone 5	> 6,0	> 7,5	>8,5	> 9,0	>11,5

Figure 12 : Potentiel éolien de la France
Source : ADEME

b) Schéma régional éolien

Le potentiel éolien de la Haute-Normandie a été cartographié et répertorié dans le Schéma Régional Eolien (SRE) de Haute-Normandie réalisé en mars 2013.

La carte ci-contre est tirée de ce schéma et permet d'observer les vitesses moyennes de vent à plusieurs échelles. Le SRE de la région Haute-Normandie indique que la zone d'étude se situe dans **un secteur où la vitesse moyenne du vent est comprise entre 5,5 et 6,0 m/s (à 40 m de hauteur**).

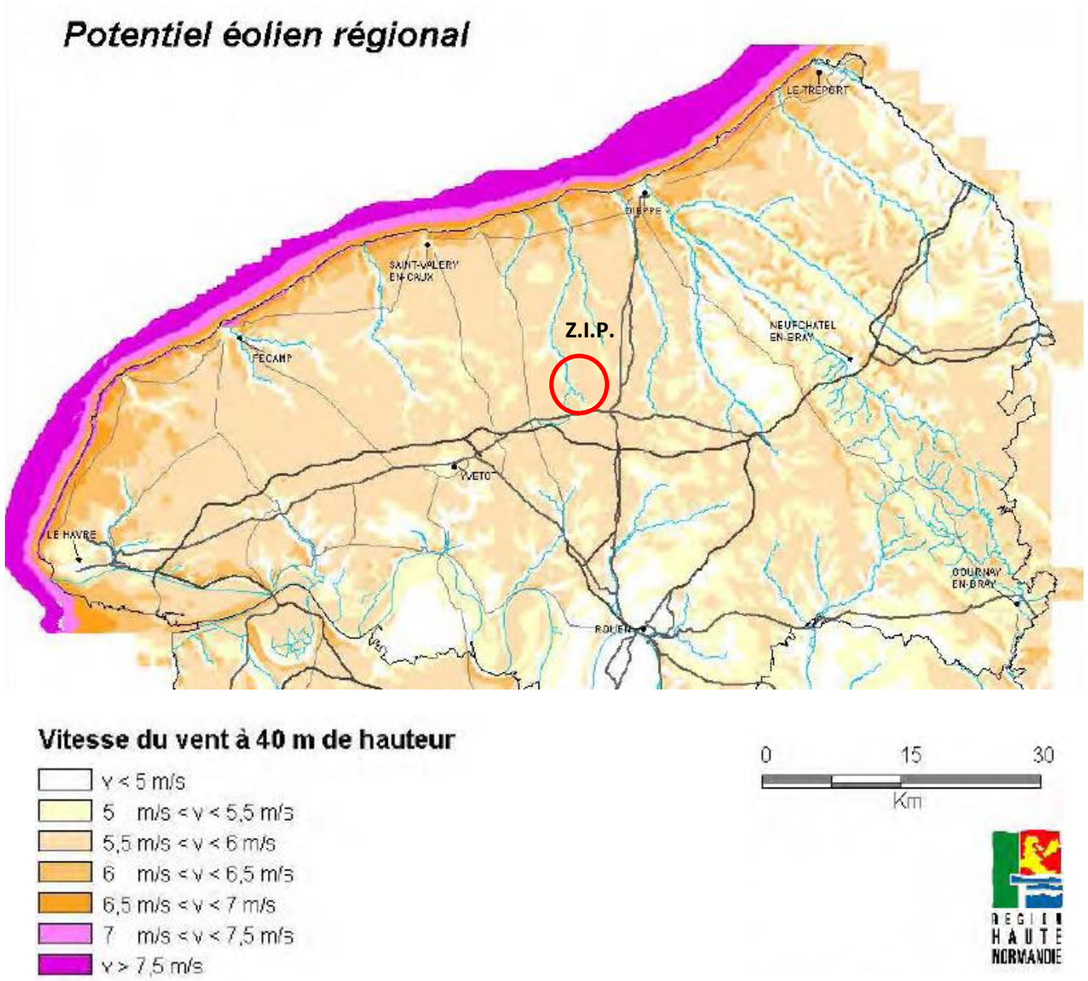


Figure 13 : Vitesse moyenne des vents à 40 m de hauteur en Seine-Maritime
Source : Atlas régional du potentiel éolien de la région Haute-Normandie

3.1.2 - Risques majeurs

3.1.2.1 - *Risques liés à la géologie et à la géotechnique*

a) Risque de mouvements de terrain / risque lié à la stabilité des sols

Les mouvements de terrain concernent l'ensemble des déplacements du sol ou du sous-sol, qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique (occasionnés par l'homme). Parmi ces différents phénomènes observés, on distingue :

- les affaissements et les effondrements de cavités ;
- les chutes de pierre et éboulements ;
- les glissements de terrain ;
- les avancées de dunes ;
- les modifications des berges de cours d'eau et du littoral ;
- les tassements de terrain provoqués par les alternances de sécheresse et de réhydratation des sols ;
- le retrait-gonflement des argiles.

Une fois déclarés, les mouvements de terrain peuvent être regroupés en deux grandes catégories, selon le mode d'apparition des phénomènes observés. Il existe, d'une part, des processus lents et continus (affaissements, tassements…) et, d'autre part, des événements plus rapides et discontinus, comme les effondrements, les éboulements, les chutes de pierres, etc.

Les risques de glissements de terrains sont liés à la qualité du sol et du sous-sol et à la topographie. Dans le secteur d'étude, compte-tenu de la topographie assez peu marquée des terrains, les risques de glissements de terrain sont faibles. En effet, l'éloignement de la zone d'implantation potentielle par rapport à des ruptures de pente va fortement limiter les risques de déstabilisation du sous-sol et donc les risques de glissement de terrain.

Ces évènements, lorsqu'ils se produisent, sont recensés par un organisme chargé de mettre à disposition du public toute information sur les risques à l'échelle d'une commune : le Bureau de recherche Géologique et Minière (BRGM), via le portail Géorisques (www.georisques.gouv.fr).

D'après le portail Géorisques, les quatre communes concernées par la Z.I.P. sont soumises au risque de « mouvement de terrain » et « Mouvement de terrain - Affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines (hors mines) ».

Tableau 13 : Catastrophes naturelles « mouvements de terrain » sur les communes étudiées
Source : Géorisques

Communes étudiées	Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du
Belleville-en-Caux Val-de-Saâne Calleville-les-Deux-Eglises Saint-Vaast-du-Val	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999
Saint-Vaast-du-Val	Affaissement de terrain	22/03/1998	22/03/1998	15/07/1998

Le risque de mouvement est faible mais ne peut être totalement exclu sur la Z.I.P.

b) Retrait / gonflement des argiles

Le retrait-gonflement des argiles est un autre type de risque lié aux mouvements de terrain. Selon le portail du BRGM relative aux risques (www.georisques.gouv.fr), le retrait-gonflement des argiles est un phénomène lié à la modification de la teneur en eau des sols argileux. Cette modification entraîne un changement de volume de l'argile, et provoque un retrait des sols en cas d'assèchement, ou un gonflement en cas d'apport en eau : ces mouvements de terrain peuvent entraîner des fissurations au niveau du sol, mais aussi sur les constructions.

La nature et l'épaisseur du sol, l'intensité des phénomènes climatiques, mais aussi la topographie, la végétation ou encore la présence d'eaux souterraines peuvent influencer ce phénomène.

Les caractéristiques de l'aléa ainsi que les modalités de prise en compte de ce risque sont précisées sur la base de données « Argiles » du BRGM.

D'après les données du BRGM (www.georisques.gouv.fr), les communes étudiées ne sont pas concernées par le risque lié à l'aléa retrait / gonflement des argiles. Au niveau de la zone d'implantation potentielle, l'aléa retrait / gonflement des argiles est nul à faible.

Ainsi, en l'absence de prise en compte de façon explicite de ce risque par la mise en place d'un Plan de Prévention des Risques, il est préconisé, suivant le degré de l'aléa, d'ancrer les fondations sur semelle suffisamment en profondeur par rapport à la zone superficielle du sol, afin de s'affranchir de la zone superficielle sensible à l'évaporation.

Aucune précision n'est faite par rapport aux seules éoliennes, mais il est mis en évidence les profondeurs minimales suivantes d'une façon générale :

- minimum de 80 centimètres en zone d'aléa faible à moyen ;
- minimum de 120 centimètres en zone d'aléa fort.

Ces profondeurs d'ancrage s'ajoutent à celles imposées par la mise hors gel.

Les fondations doivent être ancrées de façon homogène sur tout le pourtour de l'édifice, il est important dans le cadre des terrains en pente, d'ancrer à l'aval comme à l'amont de façon aussi importante.

L'identification d'un sol sensible au retrait-gonflement des argiles peut être opérée de différentes façons, par une reconnaissance visuelle, une analyse du contexte géologique et hydrogéologique du terrain, une analyse de la circulation des eaux et une vérification de la capacité « portant du sol » et de l'adéquation du mode de fondation retenu.

Concernant le risque lié au retrait / gonflement des argiles établi par le BRGM, la zone d'implantation potentielle est située en zone d'aléa nul à faible.

c) Karstifications

La karstification est l'ensemble des processus naturels d'érosion et d'altération physicochimiques que subissent les formations carbonatées comme la craie. Ceci s'explique par la capacité des roches calcaires, et plus précisément leurs minéraux (calcite, aragonite, dolomite), d'être solubles dans l'eau. En surface ce phénomène se traduit par un modelé typique, dit karstique, (bétoire, aven, doline, vallée sèche, perte et exsurgence de rivière, …) en lien avec un réseau souterrain.

En ce qui concerne les formations constituant le sous-sol du secteur d'étude, la craie est sujette aux phénomènes karstiques.

Tous les moyens techniques de traitement en cas de suspicion de cavités seront effectués, notamment de la manière suivante :

- S'agissant d'un secteur géographique où l'aléa cavité est existant, en accord avec les services de la DDT, le bureau d'étude ALISE spécialisé dans la problématique cavité est actuellement en train de réaliser des forages et décapages à proximité des éoliennes concernées par des indices de cavités souterraines. Ce terrassement permettra de vérifier l'éventuelle présence d'anomalie potentiellement en lien avec des cavités (remblais, puits, etc…).
- En cas de découverte d'une cavité au niveau d'une implantation d'éolienne et en fonction de l'expertise de celle-ci (détermination de son état structurel, de sa morphologie et de son cubage), afin de lever tout risque, le choix du comblement par injection de coulis de ciment peut être réalisé. L'éolienne pourra alors être implantée à l'endroit prévu. Toutefois, si ces travaux ne peuvent pas avoir lieu du fait des caractéristiques de la cavité, le déplacement de l'éolienne pourrait être nécessaire.

La zone d'implantation potentielle se situe dans une région sujette au risque karstique. Les études géotechniques menées préalablement à l'installation des éoliennes devront permettre d'appréhender les risques éventuels et de dimensionner les fondations en conséquence.

d) Présence de cavités souterraines

Quelle que soit leur origine, les cavités souterraines sont responsables de deux formes de mouvements de terrain (HUMBERT, 1972) :

- les affaissements consistent en un abaissement lent et continu du niveau du sol sans rupture apparente ;
- les effondrements se manifestent par un mouvement brutal et discontinu du sol en direction de la cavité, laissant apparaître en surface un escarpement plus ou moins vertical.

Parfois, les mouvements affectent des surfaces importantes. Ainsi, l'écrasement de la voûte de la chambre d'exploitation souterraine détermine souvent un vaste entonnoir de plusieurs dizaines de mètres de diamètre et de quelques mètres de profondeur.

Les communes d'implantation présentent un nombre important de périmètres de sécurité liés à un risque de cavité. Des parcelles du cadastre napoléonien ainsi que plusieurs périmètres liés au risque de cavité sont présents sur la Z.I.P. Les communes de la Z.I.P. sont donc fortement concernées par le risque de cavité souterraine.

En Seine-Maritime un périmètre de sécurité de 60 m est établi autour de chaque indice d'origine anthropique. Ce périmètre de sécurité est fixé à 30 m pour les indices d'origine naturelle. Toute construction ne peut y être autorisée sans lever le risque.

Au regard de ces éléments indiquant une sensibilité au risque cavité sur la zone d'implantation, des travaux d'investigations par forage et/ou décapages ont été réalisés, par le bureau d'étude ALISE spécialisé dans la problématique cavité, afin de vérifier la présence ou l'absence de cavités souterraines au niveau de l'emplacement des éoliennes E3, E4, E5 et E8. Cette étude est annexée à l'étude d'impact.

Ces travaux ont permis de lever les périmètres des indices concernés par les éoliennes E3 et E5. Cependant, les éoliennes E4 et E8 sont concernées par des cavités souterraines. L'expertise des cavités souterraines (détermination de son état structurel, de sa morphologie et de son cubage) a permis de déterminer les modalités de comblement. Celui-ci sera réalisé lors de la phase de travaux de la mise en place du parc éolien.

Compte-tenu de la présence d'indice de cavités souterraines sur la Z.I.P., des travaux ont été réalisés en amont afin de vérifier la présence ou l'absence de cavités souterraines à proximité des éoliennes E3, E4, E5 et E8. L'étude a permis de lever les périmètres des indices concernés par les éoliennes E3 et E5.. Cependant, les travaux ont révélé la présence de cavités souterraines à proximité des éolienne E4 et E8. Leur comblement sera prévu lors de la mise en place du parc éolien.

La carte ci-dessous est issue des données des recensements des indices de cavités souterraines. Les indices et périmètres figurant sont donc a considérés en fonction des données plus récentes présentées dans les rapports d'expertises annexés des éoliennes E3, E4, E5 et E8.

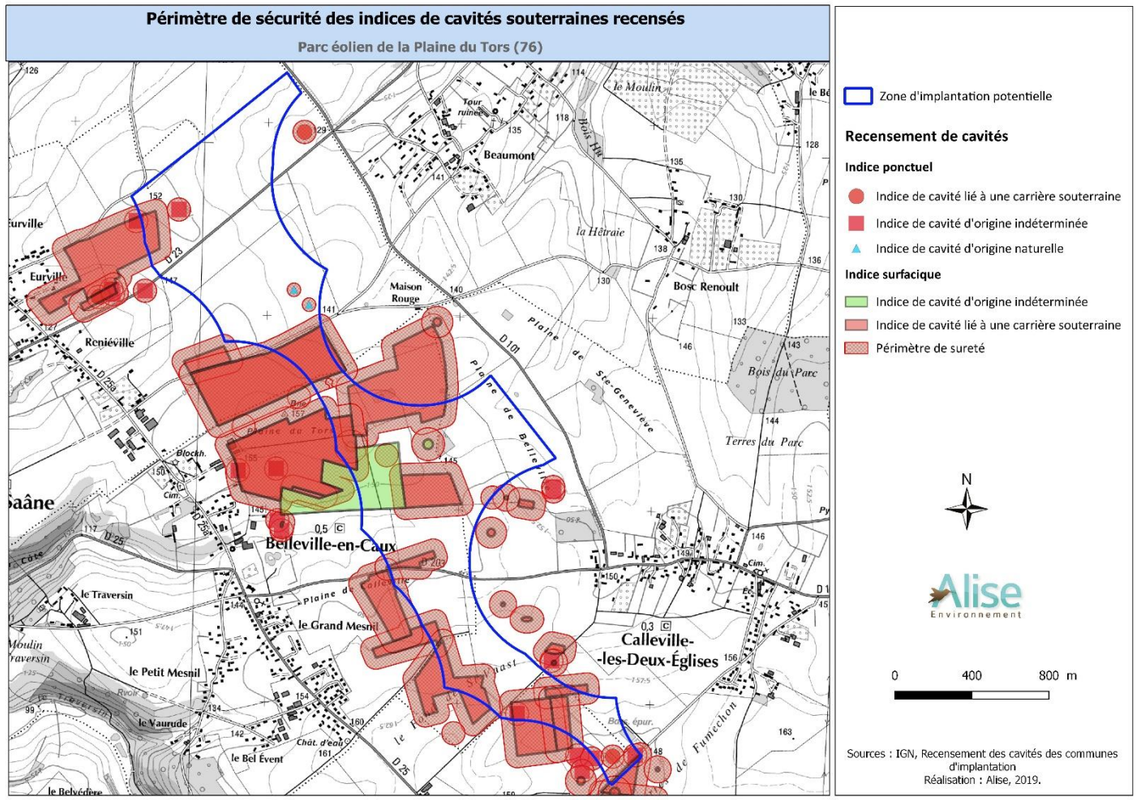


Figure 14 : Indices de cavités souterraines recensées à proximité de la zone d'implantation potentielle avant l'étude de recherche des cavités souterraines

Source : Recensement des cavités des communes d'implantation

3.1.2.2 - *Risques d'inondations*

Les inondations constituent un risque majeur sur le territoire national. En France, elles concernent une commune sur trois à des degrés divers selon le ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer.

L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau. Les crues des rivières proviennent des fortes pluies. On distingue les crues par débordement direct (le cours d'eau sort de son lit mineur pour occuper son lit majeur) et les crues par débordement indirect (remontée de la nappe alluviale). Elles ont lieu à la suite de longs épisodes pluvieux impliquant l'ensemble du bassin. Elles sont souvent prévisibles. Dans les secteurs où la topographie est marquée, existe également un risque de ruissellement en cas de fortes précipitations pouvant provoquer de graves dégâts.

Parmi les facteurs aggravant le phénomène de pluviosité, du fait de leur incidence sur le régime du cours d'eau, on peut citer :

- les aménagements urbains ;
- l'imperméabilisation des surfaces ;
- la disparition des champs d'expansion des crues ;
- le mauvais entretien d'ouvrages hydrauliques anciens ou de certains cours d'eau ;
- les marées.

a) Arrêtés de catastrophe naturelle

Les arrêtés de catastrophes naturelles liées à des inondations dont ont fait l'objet les communes concernées par la Z.I.P. sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 14 : Arrêtés de catastrophes naturelles sur les communes concernées par la Z.I.P.

Source : Géorisques

Commune	Type de catastrophe	Date de début	Date de fin	Date de l'arrêté
Belleville-en-Caux	**Inondations et coulées de boue**	05/06/1983	06/06/1983	20/07/1983
Val-de-Saâne	**Inondations et coulées de boue**	02/12/1992	07/12/1992	23/06/1993
Belleville-en-Caux	**Inondations et coulées de boue**	06/06/1993	14/06/1993	20/08/1993
Val-de-Saâne	**Inondations et coulées de boue**	09/06/1993	14/06/1993	20/08/1993
Val-de-Saâne	**Inondations et coulées de boue**	11/10/1993	14/10/1993	08/03/1994
Val-de-Saâne	**Inondations et coulées de boue**	20/12/1993	24/12/1993	11/01/1994
Val-de-Saâne	**Inondations et coulées de boue**	17/01/1995	31/01/1995	06/02/1995
Belleville-en-Caux Saint-Vaast-du-Val	**Inondations et coulées de boue**	17/01/1995	05/02/1995	21/02/1995
Saint-Vaast-du-Val	**Inondations et coulées de boue**	30/05/1995	30/05/1995	28/09/1995
Saint-Vaast-du-Val	**Affaissement de terrain**	22/03/1998	22/03/1998	15/07/1998
Saint-Vaast-du-Val	**Inondations et coulées de boue**	06/06/1998	06/06/1998	18/09/1998
Calleville-les-Deux-Eglises	**Inondations et coulées de boue**	05/07/1999	05/07/1999	07/02/2000
Val-de-Saâne Saint-Vaast-du-Val	**Inondations et coulées de boue**	24/12/1999	24/12/1999	07/02/2000
Belleville-en-Caux Val-de-Saâne Calleville-les-Deux-Eglises Saint-Vaast-du-Val	**Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues**	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999
Val-de-Saâne	**Inondations et coulées de boue**	07/05/2000	11/05/2000	14/06/2000
Belleville-en-Caux	**Inondations et coulées de boue**	08/05/2000	08/05/2000	21/07/2000

b) Risque d'inondations par débordement de cours d'eau

Selon la base de données Géorisques, les communes concernées par la Z.I.P. sont soumises au risque inondation. Un plan de prévention des risques inondation, le PPRi Saâne et Vienne, a été prescrit sur les communes de la zone d'implantation mais n'a jamais été approuvé (Syndicat des Bassins Versants Saâne, Vienne et Scie).

Les communes font partie de l'Atlas des Zones Inondables du bassin versant de la Saâne et de la Vienne dont les éléments cartographiques sont en cours de réalisation.

Les communes d'implantation sont soumises au risque d'inondation par débordement de cours d'eau.

c) Risque d'inondation par remontée de nappes

La figure ci-dessous présente la cartographie du phénomène de remontée de nappes sur la Z.I.P. Les communes sont concernées par un aléa « remontée de nappe » (ou inondation des sédiments) variant de très faible à faible.

La zone d'implantation potentielle présente un risque d'inondation par remontée de nappe allant de très faible à faible.

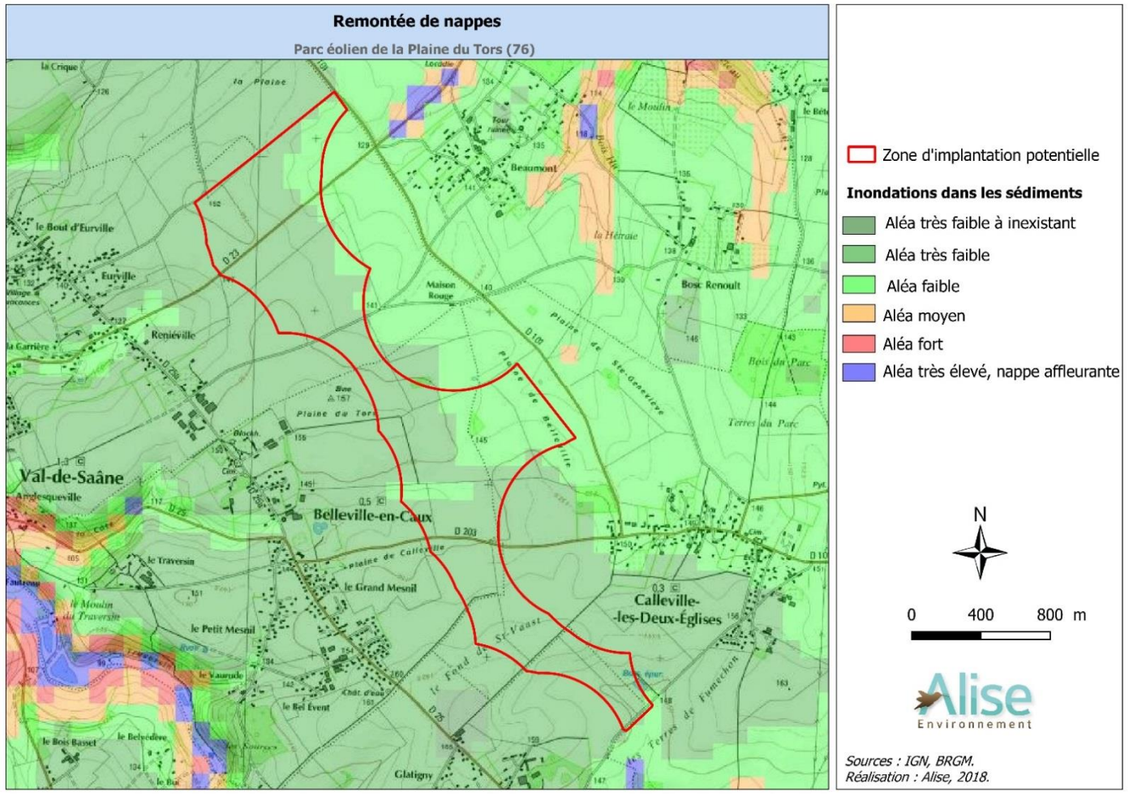


Figure 15 : Risque d'inondation par remontée de nappe
Source : Scan IGN, BRGM

d) Risque d'inondation par ruissellement et coulées de boues

Selon le site Géorisques, les communes de la Z.I.P. ne sont pas concernées par le risque « ruissellement et coulée de boues ». Cependant, des coulées de boues ont déjà fait l'objet d'arrêtés de catastrophe sur ces communes comme présentés dans le Tableau 14.

Par ailleurs, le PLU de Val-de-Saâne met en évidence les axes de ruissellement recensés sur la commune. Des ruissellements sur voirie sont indiqués et notamment sur la RD 23 traversant la Z.I.P.

Au regard de ces éléments indiquant une sensibilité au risque ruissellement sur la zone d'implantation, un diagnostic hydrologique a été réalisé par ALISE Environnement en décembre 2018 afin de préciser ces axes et déterminer les risques potentiels en termes de ruissellement sur la Z.I.P. Cette étude est annexée à l'étude d'impact.

L'étude du fonctionnement hydrologique du territoire a permis de localiser les axes de ruissellement et leur arborescence ainsi que les enjeux majeurs en termes de protection des captages d'eau, des milieux aquatiques et de limitation et prévention du risque d'inondation.

La Figure 16 présente le fonctionnement hydrologique de la zone d'implantation potentielle. Des axes de ruissellement sont présents sur le secteur d'étude. De plus, des traces d'érosion ont également été identifiées sur la Z.I.P. Le secteur semble être sensible aux ruissellements. Des préconisations telles que la préservation des axes de ruissellement, le maintien des haies d'intérêt hydraulique ainsi que le maintien de la continuité hydraulique seront donc nécessaires afin de ne pas aggraver les ruissellements.

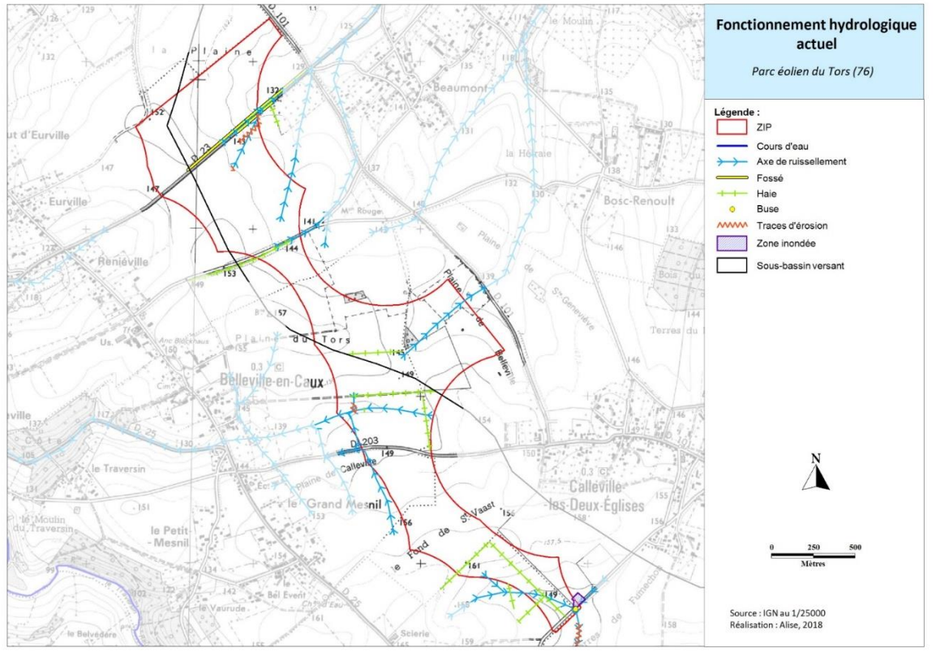


Figure 16 : Fonctionnement hydrologique sur la zone d'implantation potentielle
Source : Scan IGN, Diagnostic hydrologique ALISE Environnement, 2018

D'après le diagnostic hydrologique du projet de la Plaine du Tors, la zone d'implantation potentielle est concernée par plusieurs axes de ruissellement, des traces d'érosion ont également été observées. Le secteur semble être sensible aux ruissellements.

e) Risque « Rupture de barrage »

Un barrage est un ouvrage artificiel ou naturel (causé par l'accumulation de matériaux à la suite de mouvements de terrain) établi en travers du lit d'un cours d'eau, retenant ou pouvant retenir de l'eau.

D'après le site Géorisques, les communes de la Z.I.P. ne sont pas concernées par le risque de rupture de barrage.

f) Plan de Prévention des Risques Naturels et Inondation

Le Plan de Prévention des Risques (PPR) est un outil réglementaire, arrêté par l'Etat, afin de garantir la sécurité des biens et des personnes. Le Plan de Prévention des Risques est une servitude d'utilité publique opposable à tous, particuliers, collectivités, Etat qui définit des règles cohérentes dans les domaines de l'urbanisme, la construction, l'agriculture et adaptées aux spécificités du territoire.

Un plan de prévention des risques inondation, le PPRi Saâne et Vienne, a été prescrit sur les communes de la zone d'implantation mais n'a jamais été approuvé (Syndicat des Bassins Versants Saâne, Vienne et Scie).

g) Synthèse des risques d'inondations

Les communes de la zone d'implantation potentielle sont concernées par le plan de prévention des risques Inondation (PPRI) prescrit en mai 2001 et qui n'a pas été approuvé.

La zone d'implantation potentielle est en dehors des zones inondables par rupture de barrage. Concernant le risque d'inondation par remontée de nappe, la Z.I.P. présente un aléa très faible à faible.

La Z.I.P est traversée par plusieurs axes de ruissellement. Les communes concernées par la Z.I.P ont fait l'objet de plusieurs arrêtés de catastrophe naturelle. Le risque d'inondation par ruissellement et coulée de boues sur la Z.I.P. n'est donc pas négligeable.

3.1.2.3 - *Risques « Engins de Guerre »*

On entend par risque « engins de guerre », le risque d'explosion et/ou d'intoxication lié à la manutention après découverte d'une ancienne munition de guerre (bombes, obus, mines, grenades, détonateurs...) ou lié à un choc par exemple lors de travaux de terrassement.

En cas de découverte d'un tel engin, il convient de suivre les recommandations suivantes :

- ne pas y toucher, ne pas le déplacer ;
- ne pas mettre le feu ;
- repérer l'emplacement et le baliser ;
- s'éloigner sans courir ;
- collecter les renseignements (lieu, adresse, dimension de l'objet, forme, habitations à proximité...) ;
- aviser les autorités compétentes : la mairie, la gendarmerie ou la police, ou la préfecture ;
- empêcher quiconque de s'approcher.

Ce risque n'est pas abordé dans le Dossier Départemental sur les Risques Majeurs de la Seine-Maritime et ne fait pas partie des risques sur les communes concernées par la Z.I.P. selon le site Géorisques.

3.1.2.4 - *Risques sismiques*

Un séisme ou tremblement de terre se traduit en surface par des vibrations du sol. Il provient de la fracturation des roches en profondeur ; celle-ci est due à l'accumulation d'une grande énergie qui se libère, créant des failles, au moment où le seuil de rupture mécanique des roches est atteint. Les dégâts observés en surface sont fonction de l'amplitude, la fréquence et la durée des vibrations.

Suite à la publication des nouveaux textes réglementaires en date du 22 octobre 2010 (décrets n°2010-1254 et 2010-1255, arrêté du 22 octobre 2010) relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », de nouvelles règles de construction parasismique sont à appliquer pour les bâtiments à « risque normal » sur le territoire national depuis le 1er mai 2011.

Pour chaque commune, il est défini cinq zones de sismicité croissante selon l'aléa sismique :

- zone 1 : sismicité très faible ;
- zone 2 : sismicité faible ;
- zone 3 : sismicité modérée ;
- zone 4 : sismicité moyenne ;
- zone 5 : sismicité forte.

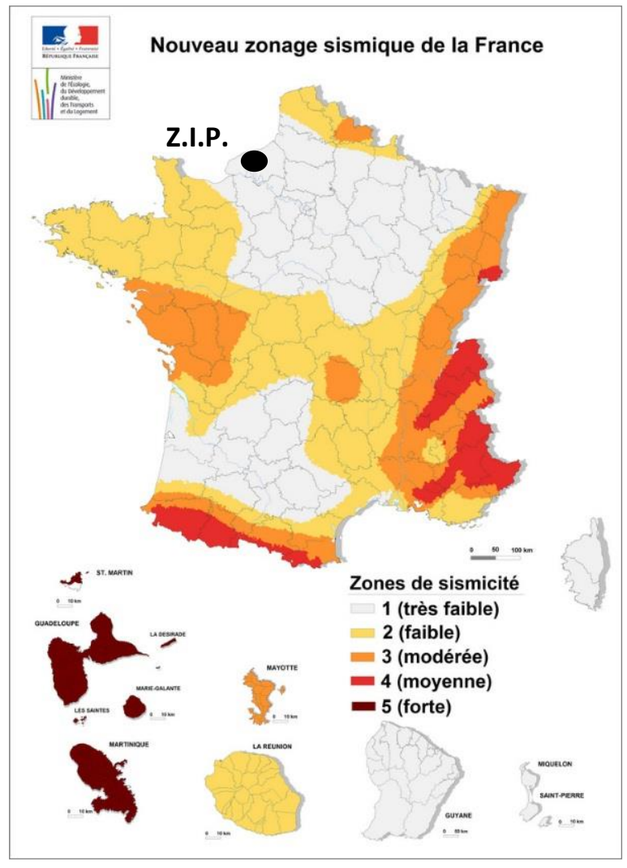


Figure 17 : Carte des zones sismiques en France
Source: www.risquesmajeurs.fr

Selon l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, les bâtiments de la classe dite à « risque normal » sont répartis en 4 catégories d'importance définies par l'article R. 563-3 du code de l'environnement.

D'après l'article 2 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, les bâtiments des centres de production collective d'énergie répondant au moins à l'un des trois critères suivants, quelle que soit leur capacité d'accueil, sont classés en catégorie III :

- ⇨ la production électrique est supérieure au seuil de 40 MW électrique ;
- ⇨ la production thermique est supérieure au seuil de 20 MW thermique ;
- ⇨ le débit d'injection dans le réseau de gaz est supérieur à 2 000 Nm^3/h.

Le projet éolien de la plaine du Tors ayant une puissance totale comprise entre 28,8 et 33,6 MW, il n'entre pas dans l'une des trois catégories ci-dessus et n'est donc pas soumis aux règles parasismiques que ce soit pour les éoliennes ou pour les bâtiments techniques associés (postes de livraison).

Les communes concernées par la Z.I.P. sont situées en zone de sismicité 1, c'est-à-dire en zone à sismicité très faible. Selon la réglementation en vigueur, le projet éolien de la Plaine du Tors n'est pas soumis aux règles parasismiques que ce soit pour les éoliennes ou pour les bâtiments techniques associés.

3.1.2.5 - *Risques d'incendie de forêt*

Les feux de forêts sont des sinistres qui se déclarent et se propagent dans des formations, d'une surface minimale d'un hectare pouvant être :

- des forêts : formations végétales, organisées ou spontanées, dominées par des arbres et des arbustes, d'essences forestières, d'âges divers et de densité variable ;
- des formations subforestières : formations d'arbres feuillus ou de broussailles appelées maquis (formation végétale basse, fermée et dense, poussant sur des sols siliceux) ou garrigue (formation végétale basse mais plutôt ouverte et poussant sur des sols calcaires).

Selon la base de données Géorisques, les communes concernées par la Z.I.P. ne présentent pas de risque d'incendie. Toutefois, sur la Z.I.P., compte-tenu de la présence de petits boisements, le risque d'incendie ne peut être totalement exclu, même s'il reste très faible dans la région en raison du climat.

Le risque d'incendie sur la zone d'implantation potentielle est très faible mais ne peut être exclu.

Concernant les risques d'incendie d'origine anthropique, il faut signaler qu'actuellement, aucune activité à risques n'est recensée sur les communes concernées par la Z.I.P.

3.1.2.6 - *Risques météorologiques*

Le territoire de la France est soumis de manière irrégulière à des événements météorologiques dangereux, qualifiés d'exceptionnels, et cela en référence aux moyennes climatologiques.

En raison de leur intensité, de leur durée ou de leur étendue, ces phénomènes peuvent avoir de graves conséquences sur la sécurité des populations et sur l'activité économique. Ils peuvent être de différente nature :

- tempêtes et vents violents ;
- situations orageuses très actives ;
- fortes précipitations pouvant entraîner des crues importantes ;
- chutes de neige et de pluies verglaçantes ;
- vagues brutales de froid intense.

Ces événements peuvent être prévus par Météo-France qui établit des cartes de vigilance à 6h et 16h chaque jour.

Selon le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) du département de la Seine-Maritime, le risque de tempête fait partie des risques naturels prévisibles dans le département de la Seine-Maritime.

Selon le site le DDRM Seine-Maritime, les communes concernées par la Z.I.P. ainsi que les communes limitrophes sont susceptibles d'être affectées par le risque de tempête et grain qui reste un phénomène exceptionnel.

3.1.2.7 - *Risque foudre*

La foudre est liée à l'orage, qui est un phénomène naturel d'origine climatique. Les orages naissent du recouvrement d'un air anormalement chaud par un air anormalement froid. Cette anomalie génère des courants d'air verticaux qui entraînent avec eux des fragments de glace et gouttelettes d'eau. Les frottements produits entre l'air et l'eau créent un déséquilibre entre les charges électriques ; déséquilibre qui provoque une décharge électrique et l'éclatement d'un orage lorsqu'il est trop important.

La foudre, puissant courant électrique, présente des dangers à la fois directs pour l'Homme et l'Environnement (incendie, électrocution, …) et indirects sur certains biens matériels notamment électriques les rendant défectueux.

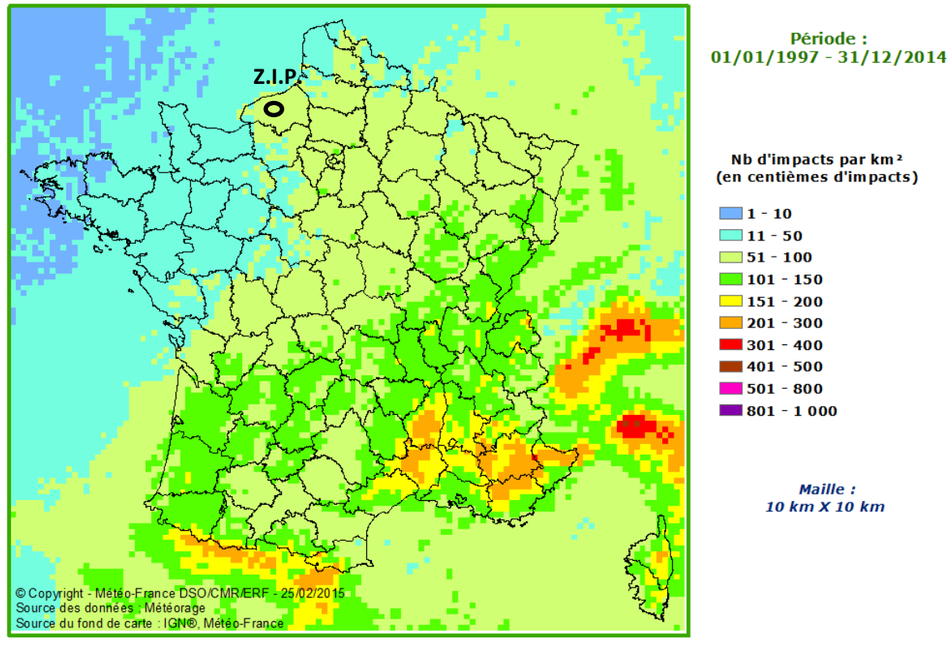


Figure 18 : Densité moyenne de foudre au sol par km²/an en centième (période 1997-2014)
Source : Météorage

Selon la carte présentée par Météorage sur le nombre d'impacts moyens de foudre au sol par km²/an (pour la période 1997-2014), le département de la Seine-Maritime ne présente pas de risque majeur concernant la foudre.

La densité d'arcs du département de la Seine Maritime est de 0,51 arc/km²/an (période 1997-2014), ce qui est légèrement inférieur à la moyenne nationale (1,59 arc/km²/an).

La Z.I.P. n'est pas située dans une zone à risque sur le plan de la foudre.

3.1.2.8 - *Synthèse des risques naturels*

En résumé, au niveau de la zone d'implantation potentielle, on peut noter :

- ✓ Un risque de mouvement de terrain faible sauf sur l'extrémité sud de la Z.I.P.,
- ✓ Un risque lié au retrait-gonflement des argiles nul à faible,
- ✓ Un risque d'indices de cavités souterraines fort,
- ✓ Un risque d'inondation par remontée de nappe très faible à faible,
- ✓ Un risque d'inondation par ruissellement et coulée de boues faible à modéré,
- ✓ Un risque d'incendie de forêt très faible,
- ✓ Un risque sismique très faible (zone 1),
- ✓ Un faible risque lié à la foudre,
- ✓ Une absence de risque concernant la présence d'« engins de Guerre »,
- ✓ Une absence de risque concernant les phénomènes de tempête et grains.

3.2 - ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE

3.2.1 - Zones urbanisées et urbanisables

3.2.1.1 - *Population / habitat*

D'après les données du recensement de la population de 2016 (source : INSEE), **les communes de Belleville-en-Caux, Calleville-les-Deux-Eglises, Saint-Vaast-du-Val et Val-de-Saâne ont une densité de population** inférieure à la moyenne départementale (200 habitants au km² en 2016).

Les données sur la population et la densité de celle-ci sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Population et densité de population sur les communes concernées par la Z.I.P. en 2016

Source : INSEE

Communes	Population (2016)	Superficie	Densité de population
Belleville-en-Caux	625	4,38 km²	158,2 hab/km²
Val-de-Saâne	1 458	13,87 km²	107,4 hab/km²
Calleville-les-Deux-Eglises	331	5,71 km²	58,8 hab/km²
Saint-Vaast-du-Val	458	5,79 km²	81,5 hab/km²

3.2.1.2 - *Distance aux habitations*

Aucune habitation n'est présente sur la zone d'implantation potentielle. Les habitations les plus proches sont situées à plus de 500m des limites de la zone d'implantation potentielle.

Le tableau suivant présente les distances les plus courtes entre les éoliennes et les zones d'habitat des communes du secteur :

Tableau 16 : Distance la plus courte entre les éoliennes et les zones d'habitat

Commune (hameau)	Eolienne la plus proche	Distance par rapport à l'éolienne la plus proche
Val-de-Saâne (Maison rouge)	E3	588 m
Calleville-les-Deux-Eglises	E7	620 m
Saint-Vaast-du-Val (Glatiny)	E8	658 m
Val-de-Saâne (Reniéville)	E2	663 m
Belleville-en-Caux (Le Grand Mesnil)	E6	692 m
Belleville-en-Caux	E4	703 m
Beauval-en-Caux (Beaumont)	E1	704 m
Val-de-Saâne (Eurville)	E1	1,0 km
Saint-Pierre-de-Bénouville (Dracqueville)	E1	1,6 km

Il n'y a aucune habitation à moins de 500 m des éoliennes du projet.

3.2.2 - Documents d'urbanisme

La commune de Val-de-Saâne dispose d'un PLU et la commune de Calleville-les-Deux-Eglises dispose d'une carte communale. Les communes de Belleville-en-Caux et Saint-Vaast-du-Val sont soumises au RNU. Un PLUI est en cours d'élaboration sur la communauté de communes Terroir de Caux.

La Z.I.P. se trouve en zone agricole du PLU de Val-de-Saâne et en zone à constructibilité limitée de la carte communale de Calleville-les-Deux-Eglises. Les zonages de ces documents d'urbanismes sur la Z.I.P. ne sont pas incompatibles avec l'implantation d'éoliennes.

3.2.3 - Les établissements sensibles et les établissements recevant du public au niveau de l'aire d'étude

3.2.3.1 - *Etablissements sensibles*

Le Plan National Santé-Environnement (PNSE) établit une liste des établissements dits « sensibles », il s'agit :

- des crèches ;
- des écoles maternelles et élémentaires ;
- des établissements hébergeant des enfants handicapés ;
- des collèges et lycées ;
- des établissements de formation professionnelle des jeunes du secteur public ou privé ;
- des aires de jeux et des espaces verts.

Les établissements sensibles les plus proches de la zone d'implantation sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Etablissements sensibles situés sur les communes concernées par la Z.I.P. et les communes voisines
Sources : DSDEN76, Rectorat de Rouen

Commune	Type de l'établissement	Secteur	Distance par rapport à la Z.I.P.	Nombre d'élèves
Beauval-en-Caux	Ecole maternelle	Public	2674 m	54
Calleville-les-Deux-Eglises	Ecole élémentaire	Public	939 m	86
Val-de-Saâne	Ecole élémentaire	Public	2152 m	154
Biville-la-Baignarde	Ecole élémentaire	Public	2664 m	83
Tôtes	Ecole élémentaire	Public	2750 m	223
Tôtes	Ecole maternelle	Public	2714 m	120
Val-de-Saâne	Ecole maternelle	Public	2137 m	90
Belleville-en-Caux	Ecole maternelle	Public	692 m	39

Il n'y a pas d'établissement sensible à moins de 500 m de la zone d'implantation potentielle. L'école la plus proche est située à environ 692 mètres à l'ouest de la zone d'implantation potentielle. Il s'agit de l'école maternelle de Belleville-en-Caux.

3.2.3.2 - *Etablissements Recevant du Public (ERP) au niveau de l'aire d'étude rapprochée*

Selon l'article R 123-2 du Code de la Construction et de l'Habitation, « *constituent des Etablissements Recevant du Public, tous bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes sont admises soit librement, soit moyennant une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitations, payantes ou non* ».

Ces établissements sont classifiés selon leur type. Il peut s'agir d'établissements installés dans un bâtiment (structures d'accueil pour personnes âgées ou handicapées, salles d'audition, de conférences, de réunions, de spectacles, salles de danse et salles de jeux, bibliothèques, établissement de soins, de culture, administrations, …), d'établissements spéciaux (parcs de stationnement couverts, gares accessibles au public,…) ou d'immeuble de grande hauteur (bureaux, enseignement, dépôt d'archives,…).

Dans le cadre de l'état initial, les données relatives aux Etablissements Recevant du Public ont été recherchées sur les sites des mairies (pour les communes disposant d'un site), sur la base des Pages Jaunes et sur le Fichier National des Etablissements Sanitaires et Sociaux (FINESS).

Il a été mis en évidence qu'au niveau des communes concernées par la zone d'implantation potentielle, l'essentiel de ces ERP est de salles de réunions, d'établissements d'enseignement, et de lieux de culte.

Il n'y a pas d'ERP sur la Z.I.P. L'ERP le plus proche est l'église de Belleville-en-Caux qui se situe à environ 680 m à l'ouest de la Z.I.P

3.2.4 - Activités

Les principales activités économiques des communes de Belleville-en-Caux, Calleville-les-Deux-Eglises, Saint-Vaast-du-Val et Val-de-Saâne sont le commerce, transport et services divers, suivi de la construction et de l'agriculture.

La seule activité recensée dans le rayon de 500 m autour des éoliennes est l'agriculture.

3.2.5 - Réseaux de transports

3.2.5.1 - *Réseaux routiers*

a) Principales routes

Les communes concernées par la Z.I.P. sont desservies par les routes suivantes :

- ⇨ les routes départementales D929, D23, D2, D25, D25a, D203 et D101 ;
- ⇨ plusieurs voies communales ;
- ⇨ Chemins ruraux et sentier de Grande Randonnée (GR)

La zone d'implantation potentielle est traversée par la D23 au nord, la D203 au sud, trois voies communales (Rue d'Eurville, Rue de la Maison Rouge et Rue des Alouettes), des chemins ruraux et sentier (GR).

La zone d'implantation potentielle est accessible par les routes départementales D23 et D203 et par les voies communales appelées Rue de la Maison Rouge, rue d'Eurville et Rue des Alouettes.

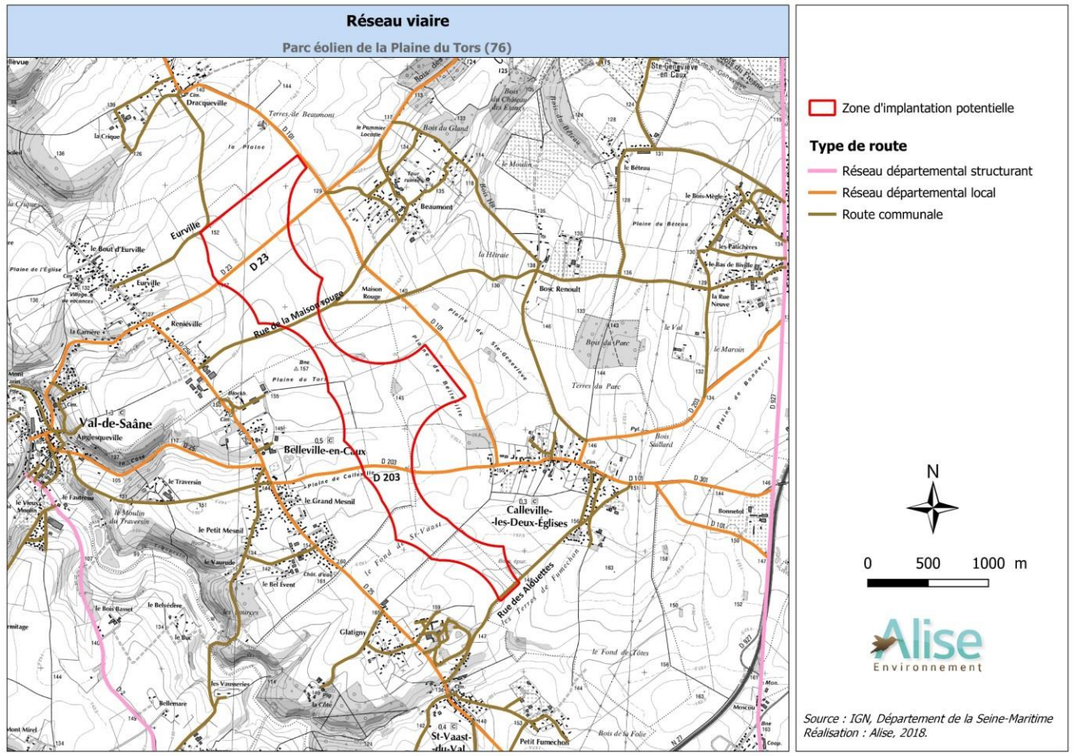


Figure 19 : Réseau viaire à proximité de la Z.I.P.
Source : IGN

b) Comptages routiers

Les données de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer de la Seine-Maritime pour le trafic suivi sur les routes sont fournies dans le tableau ci-après :

Tableau 18 : Comptages routiers
Source : DDTM 76

Route	Nombre total de véhicules par jour (en MJATV)	Dont poids lourds	Date des mesures
D929	6 668	11,4 %	2014
D2	2 374	7,0 %	2014

D'après les données de la DDTM 76, les routes départementales traversant la Z.I.P (RD 23 et RD 203) appartiennent au réseau local dont le trafic est inférieur à 2 000 véhicules par jour. Les données pour les routes départementales et communales de plus faible affluence ne sont pas disponibles.

Les routes départementales RD 23 et RD 203 traversant la Z.I.P. ont un trafic inférieur à 2000 véhicules par jour.

3.2.5.2 - *Autres réseaux de transport*

Selon le Réseau Ferré de France, aucune voie ferrée ne traverse les communes concernées par la Z.I.P La voie ferrée la plus proche passe à 6,1 km au sud de la Z.I.P.

Il n'y a pas d'autre infrastructure de transport (port, aéroport) sur le territoire de Belleville-en-Caux, Calleville-les-Deux-Eglises, Saint-Vaast-du-Val et Val-de-Saâne.

3.2.6 - Réseaux

3.2.6.1 - *Réseau d'alimentation en eau potable et d'assainissement*

Selon ce site et les informations fournies par VEOLIA, aucun réseau ou ouvrage relevant de leur service n'est située à moins de 500 m de la Z.I.P.

Selon STGS, plusieurs canalisations traversent la Z.I.P Ces canalisations longent la RD 23, la rue de la Maison Rouge, la rue des Alouettes et une canalisation traverse des parcelles agricoles.

Selon les données fournies par STGS, plusieurs canalisations traversent la Z.I.P. Ces canalisations longent la RD 23, la rue de la Maison Rouge, la rue des Alouettes et une canalisation traverse des parcelles agricoles. Les éoliennes seront implantées en dehors de ces canalisations.

3.2.6.2 - *Réseau électrique*

Le site internet www.reseaux-et-canalisations.ineris.fr recense les ouvrages de transport d'électricité, la zone d'implantation potentielle n'est traversée par aucun ouvrage d'électricité aérien ou souterrain exploité par RTE.

D'après les renseignements d'ENEDIS, des ouvrages gérés par ENEDIS sont présents sur la Z.I.P. Cette dernière est traversée par deux lignes haute tension (HT), une aérienne au sud de la rue de la Maison Rouge et une souterraine au niveau de la limite communale entre Belleville-en-Caux et Saint-Vaast-du-Val.

L'arrêté interministériel du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique n'envisage pas expressément de distance d'éloignement entre les éoliennes et les ouvrages électriques. Cependant, l'implantation des éoliennes ainsi que les chemins à renforcer et les virages à créer (pour l'acheminement des éoliennes) devront tenir compte de la présence de ces lignes électriques.

D'après les données disponibles, deux lignes électriques HT gérées par ENEDIS sont présentes sur la zone d'implantation potentielle.

3.2.6.3 - *Lignes téléphoniques*

Selon les informations fournies par le site internet www.reseaux-et-canalisations.ineris.fr, et Orange, un réseau de télécommunication est présent sur la Z.I.P. Deux artères souterraines gérées par Orange longent la route départementale RD203 et la rue de la Maison Rouge. Il conviendra de respecter les distances règlementaires des réseaux d'énergie vis-à-vis de l'ensemble de ces réseaux Orange dans :

- Le projet du réseau maillé de terre des éoliennes projetées ;
- Le projet de poste de livraison et de son raccordement en liaison 20kV ou 63 kV aux sites éoliens proprement dit.

Des artères souterraines de l'opérateur Orange traversent la Z.I.P. en suivant la route départementale D88 et la rue de la Maison Rouge. Les distances règlementaires des réseaux d'énergie vis-à-vis des réseaux Orange devront être respectées.

3.2.6.4 - *Canalisation de gaz et d'hydrocarbures*

D'après les renseignements disponibles sur le site internet *www.reseaux-et-canalisations.ineris.fr*, il n'y a pas de canalisation de gaz ou d'hydrocarbures sur la zone d'implantation potentielle ou à proximité immédiate.

3.2.6.5 - *Réseau de télécommunication*

D'après le site Cartoradio de l'Agence Nationale des Fréquences (ANFR), il n'existe aucune antenne de télécommunication (TV, radio, autre) sur le territoire des communes de Belleville-en-Caux, Calleville-les-Deux-Eglises et Saint-Vaast-du-Val. Il existe en revanche une antenne de télécommunication sur la commune de Val-de-Saâne :

Tableau 19 : Antenne de télécommunication sur la commune de Val-de-Saâne

Commune	Exploitant	Type	Distance par rapport à la Z.I.P.
Val-de-Saâne	Bouygues Telecom, SFR	Pylône autostable/ 30 m / FPS TOWERS	2,6 km

Selon l'ANFR, il n'y a pas de servitude hertzienne sur la Z.I.P Selon le site *https://carte-fh.lafibre.info/*, la Z.I.P. est traversée par un faisceau de SFR (18 GHz). Ce faisceau ne fait pas l'objet de servitude mais d'une recommandation de distance de 100 ml.

Les services Bouygues Telecom et Free n'ont à ce jour pas répondu à notre sollicitation.

Un faisceau de SFR est présent sur la Z.I.P. Une distance de 100ml de part et d'autre du faisceau est recommandée.

3.2.7 - Risques technologiques

3.2.7.1 - *Etablissements classés SEVESO*

La directive européenne du 9 décembre 1996, dite directive SEVESO 2 concerne la prévention des risques d'accidents technologiques majeurs. Elle vise l'intégralité des établissements où sont présentes certaines substances dangereuses. Deux catégories sont distinguées suivant les quantités de substances dangereuses présentes : les établissements dits "seuil haut" et les établissements dits "seuils bas".

La directive SEVESO 2 est traduite en droit français notamment par l'arrêté ministériel du 10 mai 2000. La liste des installations soumises au "seuil haut" de la directive SEVESO 2 est étendue à certains dépôts de liquides inflammables, et l'ensemble de ces installations est repéré dans la réglementation des installations classées sous la mention "AS" ou "Autorisation avec servitudes d'utilité publique".

La directive SEVESO 3 est rentrée en vigueur le 1er juin 2015. Ce règlement établit de nouvelles méthodes de classification des substances et il crée de nouvelles dénominations de dangers.

D'après les renseignements de la Base des installations classées, il n'y a pas d'installation SEVESO à moins de 6 km de la zone d'implantation potentielle.

3.2.7.2 - *Installations classées pour la protection de l'environnement*

Selon le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, est une installation classée « *toute exploitation industrielle ou agricole susceptible de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances, notamment pour la sécurité et la santé des riverains […]* ».

Les ICPE localisées autour de la zone d'implantation sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 20 : ICPE dans un rayon de 6 km autour de la Z.I.P.
Source : Inspection des installations classées-Géorisques

Commune	ICPE	Type d'Installation	Régime	Distance par rapport à la Z.I.P.
Saint-Pierre-de-Bénouville	PARC EOLIEN DE LA PLAINE DE BEAUNAY	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné	Autorisation	300 m
	PARC EOLIEN DES MARETTES	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné	Autorisation	363 m
Belleville-en-Caux	FERTIVERT SARL	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération	Autorisation	750 m
Val-de-Saâne	IKOS ENVIRONNEMENT	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération	Autorisation	1,9 km
	NOR' PAIN (ex PAIN CLEMENT)	Industries alimentaires	Enregistrement	2,3 km
Tôtes	PARC EOLIEN TÔTES ENERGIES	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné (en construction)	Autorisation	1,3 km
	LA COMPAGNIE DES VETERINAIRES	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération	Autorisation	1,8 km
	HALBOURG et Fils	Collecte et traitement des eaux usées	Autorisation	2,0 km
Vassonville	COMMUNAUTE DE COMMUNES TERROIR DE CAUX	Collecte de déchets non dangereux	Autorisation	4,4 km
Heugleville-sur-Scie	EARL TOUTAIN	Culture et production animale, chasse et services annexes	Autorisation	5,0 km
Saint-Maclou-de-Folleville	PARC EOLIEN PLAINE LETANTOT	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné (en construction)	Autorisation	3,7 km
	OUINE TP	Travaux de terrassement courants et travaux préparatoires (Carrière)	-	5,7 km
	FOLLAIN	Travaux de terrassement spécialisés ou de grande masse	Enregistrement	5,7 km

L'ICPE la plus proche de la Z.I.P. est le parc éolien de la Plaine de Beaunay situé à 300m de la zone d'implantation potentielle. Cependant, l'éolienne E5 du parc éolien de Beaunay est située à plus de 1 km de l'éolienne E1 du projet de la Plaine du Tors. Les éoliennes se situent donc à plus de 500m l'une de l'autre.

3.2.7.3 - *Risque nucléaire*

Le risque nucléaire est celui qui provient du rejet d'éléments radioactifs en dehors des enceintes et conteneurs prévus pour les contenir. Ces accidents peuvent avoir deux origines principales :

- la survenance lors de transport ;
- la survenance en cas de dysfonctionnement grave sur une installation nucléaire industrielle.

Le risque nucléaire concerne les personnes (atteinte à la santé,…), mais aussi l'environnement (dégradation et destruction des milieux,…). La distance géographique d'une centrale nucléaire n'est pas un indicateur pertinent de l'exposition au risque. En effet, cette dernière dépend de nombreux autres facteurs comme la topographie, l'orientation des vents dominants, les précipitations, etc. Ainsi, une ville située à 80 km d'un site nucléaire mais dans le sens du vent, est plus exposée qu'une autre située à 30 km de la même installation mais abritée par le relief ou les vents dominants.

Il n'y a pas de centrale nucléaire à proximité de la zone d'implantation. Les plus proches sont celles de Penly et de Paluel, situées respectivement à environ 33 km et 31 km de la zone d'implantation potentielle.

3.2.7.4 - *Le transport de matières dangereuses et radioactives*

Une matière dangereuse est une substance qui, par ses propriétés physiques ou chimiques, ou bien par la nature des réactions qu'elle est susceptible de mettre en œuvre, peut présenter un danger grave pour l'homme, les biens ou l'environnement. Elle peut être inflammable, toxique, explosive, corrosive ou radioactive.

Le transport de matières dangereuses (TMD) concerne essentiellement les voies routières (2/3 du trafic en tonnes kilomètre) et ferroviaires (1/3 du trafic) ; la voie d'eau (maritime et les réseaux de canalisation) et la voie aérienne participent à moins de 5 % du trafic.

D'après les renseignements du Dossiers Départemental sur les Risques Majeurs de la Seine-Maritime, les communes de Belleville-en-Caux, Calleville-les-Deux-Eglises, Saint-Vaast-du-Val et Val-de-Saâne sont concernées par le risque lié au transport de matières dangereuses. Les axes de communication concernés par ce risque sont la RD 929, la RD 2 ainsi que la RD 23 traversant la Z.I.P.

D'après les renseignements du Dossiers Départemental sur les Risques Majeurs de la Seine-Maritime, les communes de la Z.I.P. sont concernées par le risque lié au transport de matières dangereuses.

La Figure 20 page 35, est une carte de synthèse à l'échelle de la zone d'implantation potentielle.

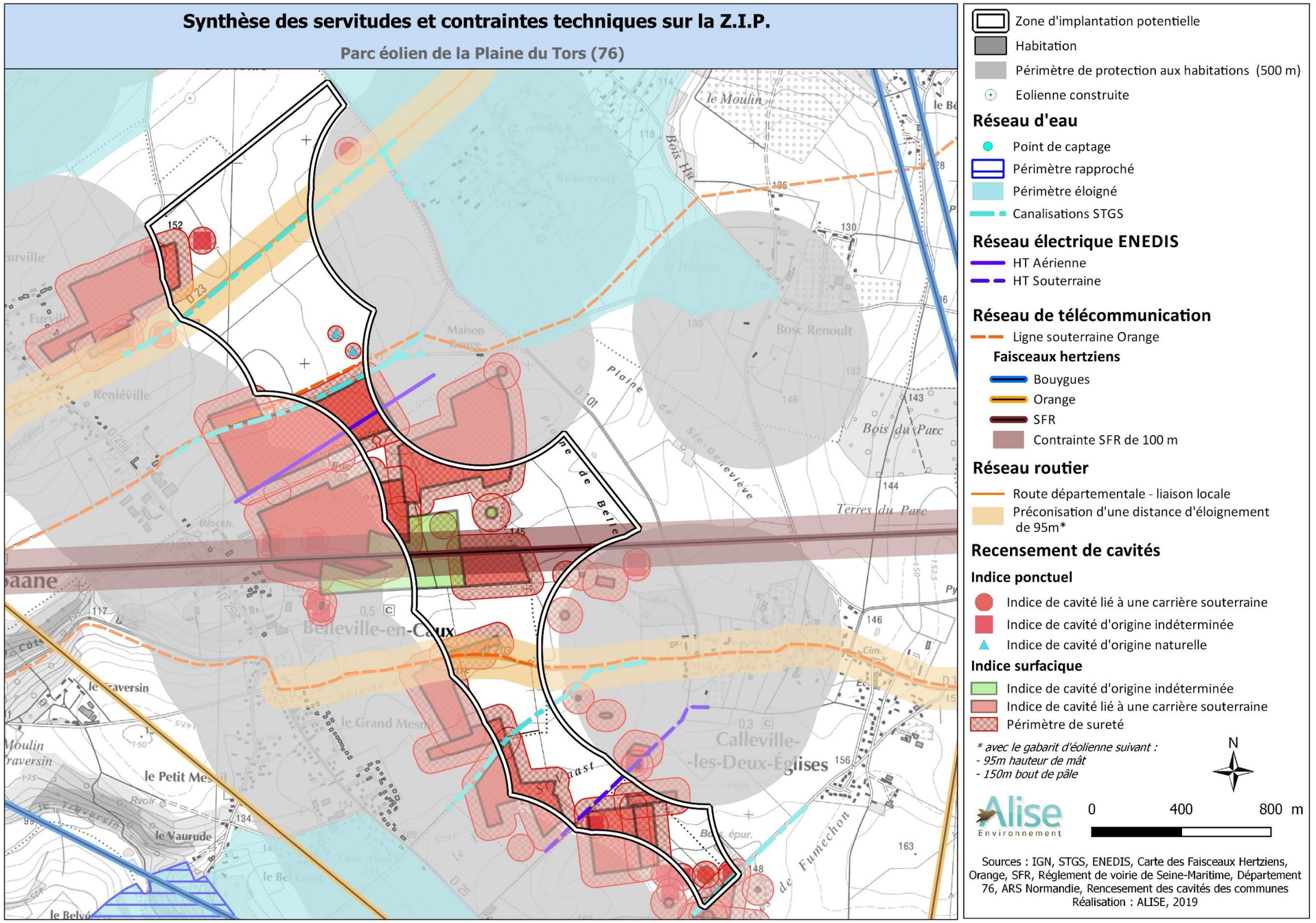


Figure 20 : Synthèse des servitudes et contraintes techniques sur la Z.I.P.

Source : IGN, STGS, ENEDIS, Carte des faisceaux hertziens, Orange, SFR, Règlement de voirie de Seine-Maritime, Département 76, ARS Normandie, Recensement des cavités des communes

3.3 - CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE DES ENJEUX AUTOUR DES EOLIENNES

3.3.1 - Nombre d'équivalent personnes permanentes

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) permet d'identifier les enjeux à protéger dans une zone d'étude.

Le Tableau 21 ci-après présente le nombre de personnes permanentes ou équivalent-personnes permanentes dans l'aire d'étude de 500 m autour des éoliennes :

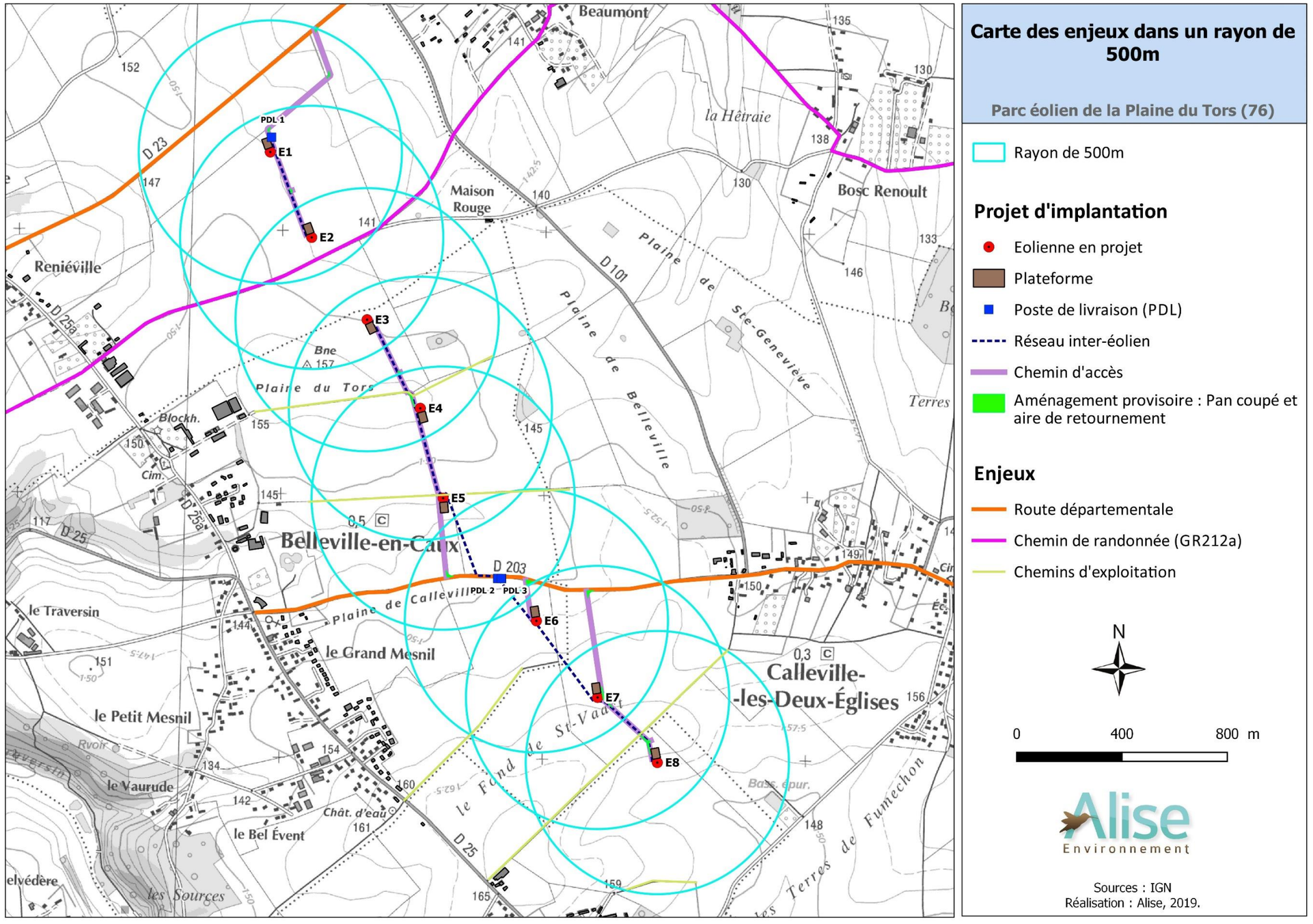
Tableau 21 : Nombre d'équivalent-personnes permanentes dans l'aire d'étude de 500m

Secteur ou infrastructure	Type	Nombre d'équivalent-personnes permanentes	Eoliennes concernées (aire d'étude de 500 m)
Route départementale D 23	Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) ➔ Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	Eolienne E1
Route départementale D 203	Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) ➔ Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	Eoliennes E5, E6,-E7
Route communale de la Maison rouge	Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) ➔ Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	Eoliennes E1, E2, E3
Chemins de randonnées	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2 personnes/1 km / 100 promeneurs par jour	Eoliennes E1, E2, E3
Chemins d'exploitation ou chemins d'accès	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	Toutes les éoliennes
Plateformes permanentes	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	Toutes les éoliennes
Aménagements temporaires	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	Toutes les éoliennes
Champs, prairies, boisements	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1 personne/100 hectares	Toutes les éoliennes

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur/infrastructure 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. Dans le cadre de cette étude de dangers, des hypothèses conservatrices ont été adoptée, en effet, nous ne différencierons pas la majorité des différents éléments et nous classerons donc les champs et les prairies en terrains aménagés mais peu fréquentés (catégorie la plus majorante quant aux victimes potentielles), donc 1 personne par tranche de 10 ha. Cette hypothèse est majorante vis-à-vis du comptage du nombre de victimes potentielles.

3.3.2 - Cartographie

La Figure 21, page 37 est une carte des enjeux dans un rayon de 500m autour des éoliennes.



Carte des enjeux dans un rayon de 500m

Parc éolien de la Plaine du Tors (76)

Rayon de 500m

Projet d'implantation

- Eolienne en projet
- Plateforme
- Poste de livraison (PDL)
- Réseau inter-éolien
- Chemin d'accès
- Aménagement provisoire : Pan coupé et aire de retournement

Enjeux

- Route départementale
- Chemin de randonnée (GR212a)
- Chemins d'exploitation

N

0 400 800 m

Sources : IGN
Réalisation : Alise, 2019.

Figure 21 : Carte des enjeux dans un rayon de 500 m autour des éoliennes

4 - ACTIVITE DE L'INSTALLATION

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

La description complète du projet est présentée dans l'étude d'impact (chapitre 2 – Présentation générale du parc éolien). Une synthèse de cette partie est proposée ci-après.

4.1 - NATURE DES ACTIVITES

Le projet retenu consiste en l'implantation d'un parc éolien composé de 8 éoliennes d'une puissance nominale unitaire comprise entre 3,6 à 4,2 MW sur les communes Belleville-en-Caux, Calleville-les-Deux-Eglises, Saint-Vaast-du-Val et Val-de-Saâne, dans le département de la Seine-Maritime.

Pour le projet de parc éolien de la Plaine du Tors, le modèle d'éolienne n'est pas défini mais trois modèles sont envisagés. Il s'agit des modèles d'éoliennes V117, N117 et E115 dont les caractéristiques respectives sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 22 Caractéristiques des modèles d'éolienne envisagés

	V117	N117	E115
Diamètre du rotor (m)	117	116,8	115
Hauteur totale (m)	150	149,4	149,85
Hauteur au moyeu (m)	91,5	91	92
Hauteur mât au sens ICPE (m)	96,7	93	95
Largeur de la base de la pâle (m)	4,0	3,7	4,0
Longueur de pâle (m)	58,5	58,4	57,85
Largeur du mât à la base (m)	4,4	4,3	6,9

Il a été choisi de définir un « gabarit maximaliste » dont les caractéristiques ont été déterminées parmi les plus grandes valeurs de l'ensemble des modèles présentés ci-dessus. Ainsi, cette méthode permet d'analyser les risques de manière majorante.

Le gabarit maximaliste retenu pour cette étude est décrit dans le tableau suivant.

Tableau 23 Caractéristiques du gabarit maximaliste

	Gabarit maximaliste
Diamètre du rotor (m)	**117**
Hauteur totale (m)	**150**
Hauteur au moyeu (m)	**92**
Hauteur mât au sens ICPE (m)	**96,7**
Largeur de la base de la pâle (m)	**4**
Longueur de pâle (m)	**58,5**
Largeur du mât à la base (m)	**6,9**

4.2 - CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

4.2.1 - Caractéristiques générales d'un parc éolien

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

- plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » 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.

4.2.2 - Eléments constitutifs d'un aérogénérateur

Au sens du 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 (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.

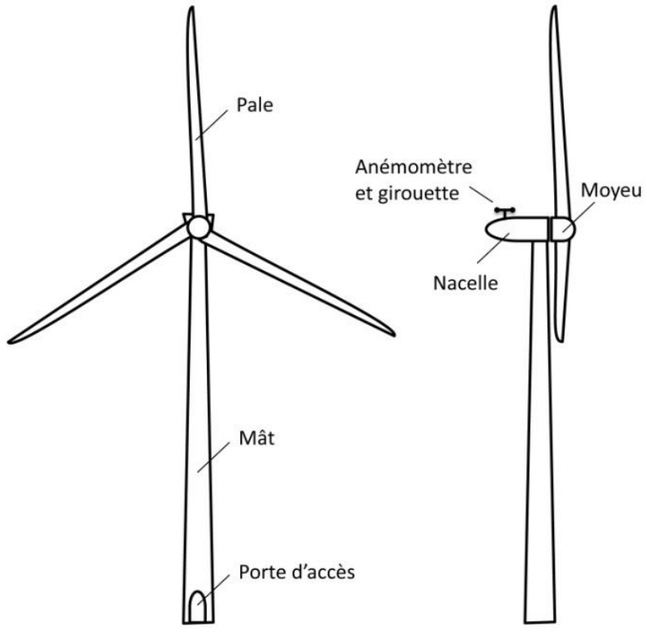


Figure 22 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

Source : Guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers – Mai 2012

4.2.2.1 - *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.

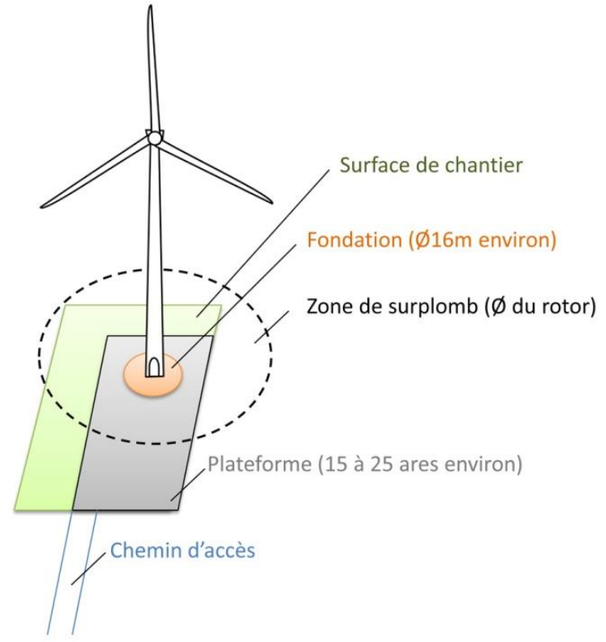


Figure 23 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

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

Source : Guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers – Mai 2012

4.2.2.2 - *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 constituants les éoliennes et leurs annexes.

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

4.2.3 - Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien de la Plaine du Tors sera la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec des éoliennes ayant les caractéristiques suivantes :

Tableau 24 : Caractéristiques des modèles d'éolienne envisagé et du gabarit d'éolienne maximaliste

Type	Eolienne	Hauteur au moyeu	Hauteur totale (mât + pales)
V117	E1 à E8	91,5m	150m
E115	E1 à E8	92m	149,85m
N117	E1 à E8	91m	149,4m
Maximaliste	**E1 à E8**	**92 m**	**150 m**

Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

4.2.4 - Composition de l'installation

Le parc éolien de la Plaine du Tors sera composé de 8 aérogénérateurs et de 3 postes de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur totale en bout de pales de 150 m au maximum. Le balisage mis en place répondra aux dispositions de l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

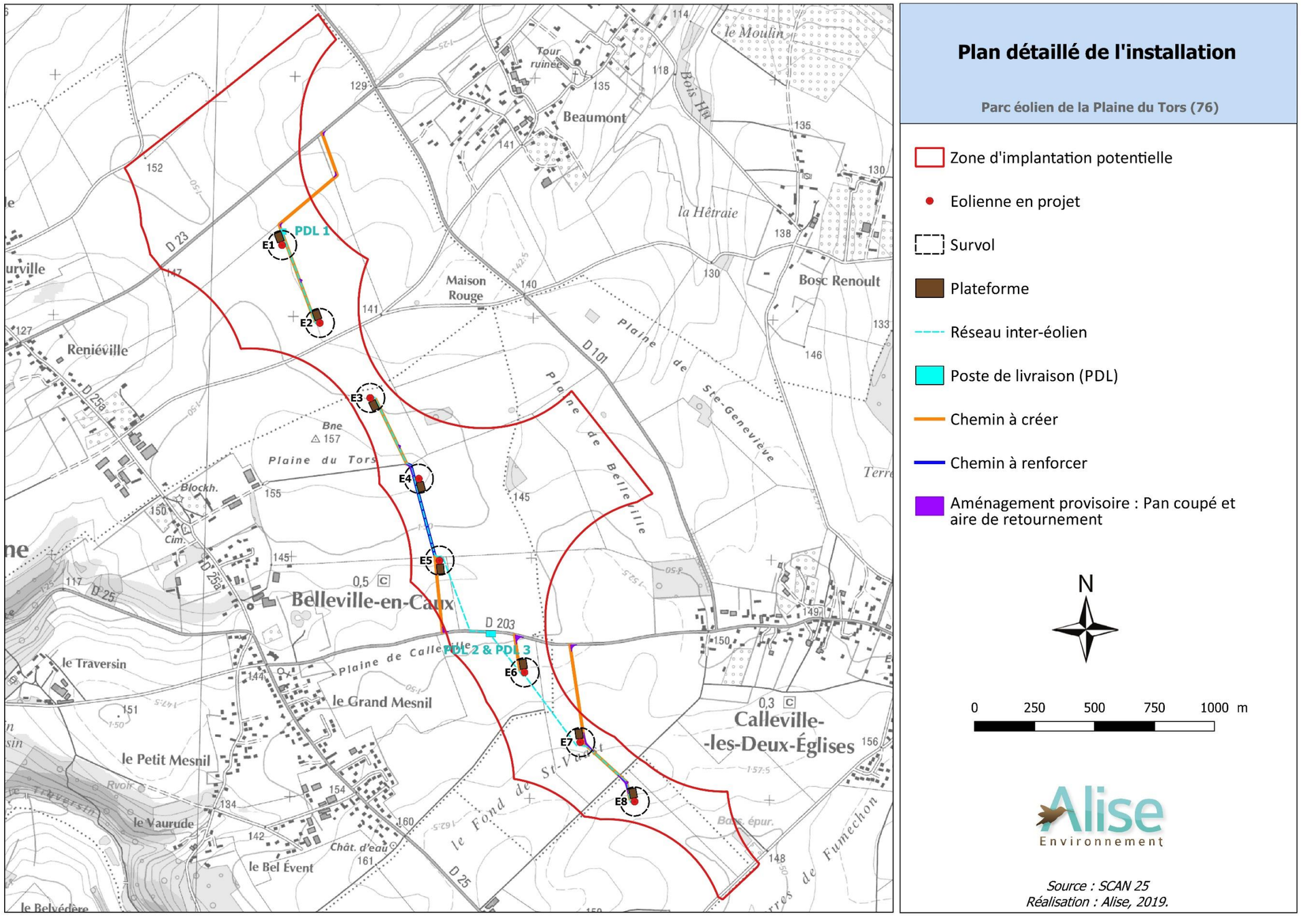
Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison :

Tableau 25 : Coordonnées des éoliennes et des postes de livraison

Eoliennes	Coordonnées				Altitude (en m NGF)	
	Lambert 93		Lambert II étendu			
	X	Y	X	Y	Pied de l'éolienne	Bout de pale
E1	555012	6959688	502823	2525588	145,8	295,8
E2	555169	6959363	502983	2525265	145,2	295,2
E3	555380	6959050	503196	2524954	149,9	299,9
E4	555582	6958714	503401	2524619	155,1	305,1
E5	555669	6958373	503491	2524278	146,3	296,3
E6	556023	6957906	503849	2523815	151,8	301,8
E7	556255	6957615	504084	2523525	157,6	307,6
E8	556483	6957368	504313	2523280	157,0	307,0
PDL 1	555017	6959743	502828	2525644	144,9	
PDL 2 & 3	555883	6958067	503708	2523974	150,0	

E : éolienne,

PDL : Poste de livraison



Plan détaillé de l'installation

Parc éolien de la Plaine du Tors (76)

- Zone d'implantation potentielle
- Eolienne en projet
- Survol
- Plateforme
- Réseau inter-éolien
- Poste de livraison (PDL)
- Chemin à créer
- Chemin à renforcer
- Aménagement provisoire : Pan coupé et aire de retournement

N

0 250 500 750 1000 m

Source : SCAN 25
Réalisation : Alise, 2019.

Figure 24 : Plan détaillé de l'installation

4.3 - FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

4.3.1 - 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 2,5 MWh 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 (utilisé uniquement en cas d'urgence).

Tableau 26 : Caractéristiques de fonctionnement – Gabarit d'éolienne maximaliste

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	452 m²
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	**Gabarit maximaliste:** Hauteur maxi des parties fixe et mobile : **150 m** Hauteur du mât au sens ICPE : **96,7 m** Hauteur maxi de l'axe du moyeu : **92 m** Diamètre de la base du mât : **6,8 m**
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	**N117 :** Génératrice asynchrone à double alimentation (DFIG) **E115 :** Génératrice synchrone **V117** : Générateur asynchrone à induction triphasé avec rotor en cage
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Nombre de pales : 3 Diamètre du rotor : 117 m (gabarit maximaliste) Plage de vitesse de vent : 3 à 25 m/s (N117) 2,5 à 28 m/s (E115) 3 à 25 m/s (V117)
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Le transformateur est intégré au mât de l'éolienne
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	Surface plateforme PDL 1 : 120 m² Surface plateforme PDL 2 & 3 : 165 m²

Concernant les données techniques liées au montage et à l'exploitation du parc on peut retenir les données suivantes (pour une éolienne) :

Tableau 27 : Caractéristiques techniques des éléments constituants du parc éolien

Description	Données techniques
Fondations	Environ 452 m² / éolienne
Plateforme type	Environ 1650 m² / éolienne
Poste de livraison avec plateforme	PDL 1 : 120 m² PDL 2 & 3 : 165 m²
Chemin d'accès permanent	Largeur exempte d'obstacle : 5 m
Poids par essieu	Environ 15 tonnes

4.3.2 - Sécurité des installations

4.3.2.1 - *Réglementation en matière de sécurité des éoliennes*

Concernant la réglementation européenne relative à la sécurité, les exigences essentielles sont fixées par la directive « Machines » n°2006/42/CE du 17 mai 2006.

Selon la réglementation européenne, une éolienne mise sur le marché est soumise à une quadruple obligation :

- satisfaire aux exigences essentielles de sécurité énoncées par la directive ;
- disposer du marquage CE ;
- disposer d'une « auto-certification » (procédure par laquelle le fabricant ou l'importateur déclare, sous sa responsabilité, que la machine soumise à ladite procédure est conforme aux règles techniques qui lui sont applicables) ;
- enfin, le fabricant ou l'opérateur qui met une éolienne sur le marché doit tenir à la disposition des services de contrôle des États membres une documentation prouvant la conformité de la machine aux exigences essentielles de la directive.

Plus particulièrement, les exigences essentielles de sécurité de la réglementation européenne couvrent les risques d'effondrement et d'éjections d'objets susceptibles d'affecter le public et les biens des tiers.

De plus, une éolienne doit également satisfaire aux exigences en matière de sécurité de la directive 73/23/CEE du 19 février 1973 relative aux équipements électriques ainsi que de la directive 89/336/CEE du 3 mai 1989 relative à la compatibilité électromagnétique.

En ce qui concerne la normalisation internationale, une norme relative aux aérogénérateurs a été établie par la CEI (Commission Electrotechnique Internationale – IEC en anglais). Ainsi, la solidité intrinsèque des éoliennes et leur adéquation aux conditions du site du projet sont assurées par la mise en place d'un référentiel de conception défini par la norme IEC 61400-1. Le porteur de projet s'assure que le constructeur fournisse des éoliennes dont toutes les parties sont conformes à cette norme et qu'il délivre un certificat de conformité à la norme IEC 61400-1 adapté aux conditions de vent du site et réalisé suivant les règles et procédures de l'IEC WT 01. La fourniture des certificats est une condition de la réception définitive de l'installation.

De la même façon, au niveau européen, une norme a été établie en tant que norme « harmonisée » afin de satisfaire aux exigences essentielles de sécurité de la réglementation « Machines ». Il s'agit de la norme EN 50308 (homologuée également en France sous la référence NFEN 50308), qui doit être prise en compte pour la conception, le fonctionnement et la maintenance des éoliennes.

La construction des fondations se base sur des études de sol précises réalisées par un bureau d'études géotechniques selon la norme NFP 94-500. D'autre part, le dimensionnement des fondations est effectué par un autre bureau spécialisé suivant les règles du fascicule 62 du cahier des clauses techniques générales (CCTG) « Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages en béton armé suivant la méthode des états limites ». Enfin, les éoliennes dont la hauteur du mât et de la nacelle est supérieure ou égale à 12 mètres sont soumises obligatoirement à un contrôle technique (article R 111-38 du Code de la Construction et de l'Habitation). Ce contrôle technique obligatoire porte sur la solidité des ouvrages de fondation et des éléments d'équipement qui font indissociablement corps avec ces ouvrages. Il est réalisé par des bureaux de contrôle agréés tels que Veritas, Apave, Dekra, Socotec, etc.

Il est important de noter que l'exploitation et la maintenance des éoliennes sont confiées à du personnel qualifié et formé régulièrement suivant les consignes préalablement définies dans les manuels rédigés par le constructeur lui-même.

Le porteur du projet s'engage à installer des éoliennes strictement conformes aux exigences énoncées plus haut. Dans le cas des modèles d'éolienne envisagés, l'ensemble des certifications fournies par le constructeur garantit que chacun des composants de l'éolienne est conçu de manière à résister à des conditions bien plus extrêmes que celles qui sont observées sur le site d'implantation concerné par le présent projet.

4.3.2.2 - *Principaux systèmes de sécurité*

Toutes les éoliennes des modèles envisagés sont équipées des dernières technologies en matière de sécurité.

a) Système de balisage

L'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation abroge et remplace :

- Arrêté du 13 novembre 2009 modifié relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques ;
- Arrêté du 8 mars 2010 modifié relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques et installées sur les îles Wallis-et-Futuna, en Polynésie française ou en Nouvelle-Calédonie ;
- Arrêté du 7 décembre 2010 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

Le texte fixe les règles de balisage des parcs éoliens en mer et modifie les règles applicables aux parcs éoliens terrestres. Parmi les différentes dispositions, se trouve notamment la possibilité d'introduire, pour certaines éoliennes au sein d'un parc :

- un balisage fixe ou un balisage à éclat de moindre intensité,
- de baliser uniquement la périphérie des parcs éoliens de jour,
- la synchronisation obligatoire des éclats des feux de balisage,
- séquençage : 1/3 ON, 2/3 OFF : le rythme des feux à éclats nocturnes est égale à un tiers de la durée totale d'un cycle.

b) Système de sécurité en cas de tempête

Le freinage du rotor est effectué par rotation des pales jusqu'à la position dite en drapeau (90°) (frein aérodynamique principal). Chaque pale possède son propre moteur de calage et son système de secours. Le calage d'une seule pale étant suffisant pour réguler la vitesse de l'éolienne. L'indépendance de chaque pale assure une redondance de trois de la régulation.

Le système est conçu en « fail-safe » c'est à dire que tout dysfonctionnement du système entraîne l'arrêt de l'éolienne.

Ainsi, le contrôle de l'angle de calage des pales a deux finalités : l'optimisation des performances énergétiques de l'éolienne et la mise en sécurité de l'éolienne en la protégeant des rafales de vent ou en l'arrêtant si nécessaire (mise en drapeau).

L'éolienne est équipée d'un système redondant permettant une mise en drapeau des pales si les vitesses du vent dépassent la vitesse maximale admissible.

c) Système de sécurité contre la foudre

L'éolienne est équipée d'un système parafoudre fiable afin d'éviter que l'éolienne ne subisse de dégâts.

Des pastilles métalliques en acier inoxydable sont disposées à intervalles réguliers sur les deux faces des pales reliées entre elles par une tresse en cuivre située à l'intérieur de la pale. La tresse de cuivre est raccordée à la base de la pale et le courant de foudre est dévié vers la terre via la fondation et des prises profondes.

Pour la protection interne de la machine, les composants principaux tels l'armoire de contrôle et la génératrice sont protégés par des parasurtenseurs. Toutes les autres platines possédant leur propre alimentation sont équipées de filtres à hautes absorptions. Aussi, la partie télécom est protégée par des parasurtenseurs de lignes et une protection galvanique. Enfin, une liaison de communication télécom en fibre optique entre les machines permet une insensibilité à ces surtensions atmosphériques ou du réseau.

Le transformateur est protégé par les parafoudres. De même, l'anémomètre est protégé et entouré d'un arceau.

L'éolienne retenue sera équipée d'une installation de protection anti-foudre conforme à la norme internationale IEC 61024-1 II.

d) Système de sécurité contre le gel

Certaines conditions météorologiques peuvent être à l'origine de formations de glace, de givre ou bien de dépôts de neige sur les pales de rotor des éoliennes.

Afin d'éviter la projection de glace et pour garantir un fonctionnement sûr des installations, les constructeurs mettent en place des systèmes de contrôle du givre, et ce, conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011.

Chaque aérogénérateur sera équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur sera mis à l'arrêt dans un délai maximal de soixante minutes. L'exploitant définira une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales.

Lorsqu'un référentiel technique permettant de déterminer l'importance de glace formée nécessitant l'arrêt de l'aérogénérateur sera reconnu par le ministre des installations classées, l'exploitant respectera les règles prévues par ce référentiel.

Des panneaux d'informations sur la possibilité de formation de glace sont également implantés sur le chemin d'accès des machines.

L'éolienne retenue permettra de déduire ou de détecter la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine. Des panneaux type « Attention, chute de glace » seront mis en place sur le chemin d'accès de chaque éolienne pour prévenir du danger.

e) Système de sécurité contre les incendies

Les principaux risques d'incendie étaient causés dans le passé par la foudre. Cependant, les éoliennes modernes sont équipées de systèmes parafoudre dont le fonctionnement est très fiable en raison des nombreux progrès technologiques effectués dans ce domaine. Le système de protection de l'éolienne décrit au paragraphe précédent permet ainsi d'éviter tout dommage. La probabilité d'occurrence d'un incendie est donc très faible.

D'autre part, les risques d'incendie sont parfaitement maîtrisés grâce à un suivi permanent et à une maintenance du fonctionnement de toutes les composantes du parc éolien. L'ensemble des capteurs d'incendie est contrôlé par le système général de l'éolienne.

En cas d'incendie d'une des éoliennes, le parc est automatiquement déconnecté du réseau électrique pour éviter toute perturbation. L'opérateur du parc éolien est alors prévenu automatiquement via le SCADA et l'opérateur contacte le SDIS en cas de problème avéré dans un délai de 15 minutes, ce qui permet aux pompiers d'intervenir rapidement sur le site.

D'autre part, des extincteurs à CO_2 (préconisés pour les feux électriques) sont placés au niveau des points sensibles que sont la nacelle et le pied de la tour. Ils peuvent être utilisés par les agents de maintenance lorsque ceux-ci se trouvent dans l'éolienne.

L'éolienne retenue sera équipée de détecteurs permettant de mettre la machine à l'arrêt en cas d'incendie ainsi que d'extincteurs à CO_2 pour faire face à tout début d'incendie lors des visites de contrôle ou de maintenance par les techniciens.

f) Système de freinage

En fonctionnement, les éoliennes sont exclusivement freinées d'une façon aérodynamique par inclinaison des pales en position drapeau. Pour ceci, les trois entraînements de pales indépendants mettent les pales en position de drapeau (c'est-à-dire « les décrochent du vent ») en l'espace de quelques secondes. La vitesse de l'éolienne diminue sans que l'arbre d'entraînement ne soit soumis à des forces additionnelles.

Le rotor n'est pas bloqué même lorsque l'éolienne est à l'arrêt, il peut continuer de tourner librement à très basse vitesse. Le rotor et l'arbre d'entraînement ne sont alors exposés à pratiquement aucune force. En fonctionnement au ralenti, les paliers et engrenages sont moins soumis aux charges que lorsque le rotor est bloqué.

L'arrêt complet du rotor n'a lieu qu'à des fins de maintenance et en appuyant sur le bouton d'arrêt d'urgence. Le dispositif de blocage du rotor ne peut être actionné que manuellement et en dernière sécurité, à des fins de maintenance.

La mise en position drapeau permet le freinage des éoliennes. Il y a également un système d'arrêt d'urgence.

g) Système d'arrêt d'urgence

Si des personnes ou des pièces de l'éolienne sont en danger, l'éolienne peut être stoppée immédiatement grâce à un système d'arrêt d'urgence, qui peut être déclenché 24h/24 et 7j/7 :

- par le système automatique de télésurveillance, qui analyse les données des capteurs de l'éolienne et évalue s'il existe un risque éventuel ;
- par l'opérateur présent dans le centre de surveillance à distance ;
- par un agent de maintenance présent au niveau de l'éolienne.

L'activation de ce système d'arrêt d'urgence entraîne un freinage immédiat du rotor, avec une inclinaison rapide des pales par l'intermédiaire des unités de réglage et de freinage d'urgence. Le frein d'arrêt mécanique est actionné simultanément. L'alimentation électrique de tous les composants reste assurée.

Une fois l'urgence passée, le bouton d'arrêt d'urgence doit être réarmé pour permettre le redémarrage de l'éolienne.

Les éoliennes seront équipées d'un système d'arrêt d'urgence par freinage mécanique qui peut être déclenché 24h/24 et 7j/7.

h) Certification de conformité aux normes européennes

Les éoliennes répondront aux normes européennes de sécurité et un document de conformité sera remis au bureau de contrôle avant l'installation du modèle choisi. La conformité avec le réseau électrique fera aussi l'objet d'une attestation remise au bureau de contrôle lors de la réalisation.

i) Vérification de stabilité des ouvrages

Le projet fera l'objet d'une vérification de stabilité par un bureau d'étude agréé. Un coordonnateur de sécurité produira un plan général de coordination.

j) Accessibilité

La porte d'accès à l'intérieur de l'éolienne sera fermée à clé en permanence afin d'en interdire l'accès au public. Seules les personnes habilitées auront la clé et pourront intervenir pour effectuer les vérifications et la maintenance.

4.3.3 - Opérations de maintenance de l'installation

Conformément à la directive 98/37/CE les machines feront l'objet de contrôles réguliers par des contrôleurs agréés. Le rythme de passage au moins annuel sera fixé et fera l'objet d'un engagement écrit auprès des autorités compétentes. Ce point est repris de manière plus développée et précise au paragraphe 5.3.1 -, page 47.

4.3.4 - Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes du parc éolien de la Plaine du Tors.

4.4 - FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

4.4.1 - Réseaux électriques

4.4.1.1 - *Réseau inter-éolien*

Le schéma ci-dessous présente le principe de raccordement d'un parc éolien au réseau d'électricité. La production des éoliennes est fournie en 690 Volts, **tension relevée en 20 000 Volts par un transformateur intégré au pied de la tour**.

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur 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.

Une ligne enterrée relie chaque éolienne au(x) poste(s) électrique(s) général de livraison. Les raccordements sont en totalité réalisés au moyen de câbles normalisés enfouis.

Des câbles de télécommunication sont également nécessaires pour l'exploitation et la télésurveillance du parc éolien.

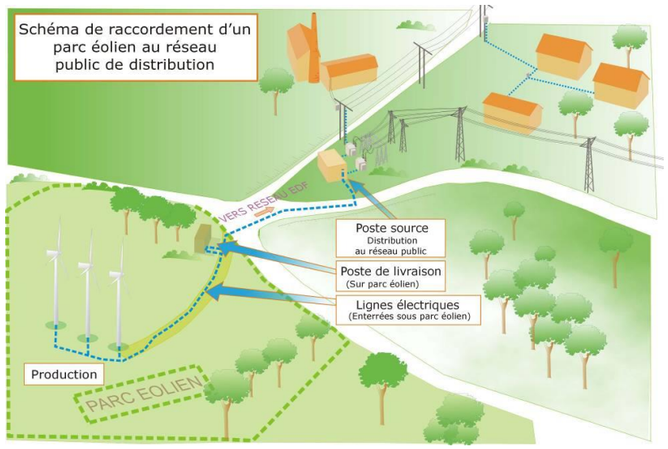


Figure 25 : Composants du parc éolien
Source : ADEME

4.4.1.2 - *Poste de livraison*

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

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

Pour les 8 éoliennes du parc éolien de la Plaine du Tors, trois postes de livraison sont nécessaires. Ils comprendront chacun :

- un compteur électrique ;
- des cellules de protection ;
- des sectionneurs ;
- des filtres électriques.

Les postes de livraison seront fermés à clé en permanence afin d'en interdire l'accès au public. Seules les personnes habilitées auront la clé et pourront intervenir pour effectuer les vérifications et la maintenance.

4.4.1.3 - *Réseau électrique externe*

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

Les conditions de raccordement depuis les postes de livraison vers le réseau électrique existant seront conformes au décret n°2008-386 du 23 avril 2008 relatif aux prescriptions techniques générales de conception et de fonctionnement pour le raccordement d'installations de production aux réseaux publics d'électricité, complété par deux arrêtés d'application de même date (publiés au Journal Officiel du 25 avril 2008).

Conformément à la procédure de raccordement en cours, un chiffrage précis (Proposition Technique et Financière de raccordement au réseau électrique) sera effectué par ENEDIS lorsque l'autorisation préfectorale aura été obtenue. Les dispositions imposées par ENEDIS seront suivies par le Maître d'Ouvrage et précisées dans le cahier des charges des entreprises missionnées.

Le poste source pressenti pour le raccordement du parc éolien est celui de Gonneville-sur-Scie, commune située à environ 8 km (à vol d'oiseau) de la zone d'implantation.

Les postes de livraison serviront à relier les 8 éoliennes du projet au poste source de Gonneville-sur-Scie par un câble électrique souterrain qui sera installé, notamment le long des routes départementales et des voies communales.

4.4.1.4 - *Production estimée*

La production annuelle du parc éolien est estimée entre 63 à 74 GWh/an, soit la consommation électrique annuelle (chauffage inclus) d'environ 12 700 à 14 800 foyers français, soit l'équivalent de la ville d'Yvetot. Cela permettra d'éviter l'émission d'environ 28 800 à 33 700 tonnes de CO_2 dans l'atmosphère chaque année.

4.4.2 - Autres réseaux

4.4.2.1 - *Réseaux d'eau*

Selon les données fournies par STGS, plusieurs canalisations traversent la Z.I.P. Ces canalisations longent la RD 23, la rue de la Maison Rouge, la rue des Alouettes et une canalisation traverse des parcelles agricoles. Les éoliennes seront implantées en dehors de ces canalisations.

Le fonctionnement du parc éolien ne nécessite pas de raccordement au réseau d'eau potable des communes.

4.4.2.2 - *Réseaux d'hydrocarbures et de gaz*

Il n'y a pas de canalisation d'hydrocarbures sur la zone d'implantation.

Le fonctionnement du parc éolien ne nécessite pas de raccordement à un réseau de gaz.

5 - IDENTIFICATION DES POTENTIELS DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

5.1 - POTENTIELS DE DANGERS LIES 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 durant cette phase, cette activité ne génère ni émission atmosphérique, ni effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.

Les produits identifiés dans le cadre du projet de parc éolien sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

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

5.1.1 - Inventaire des produits

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

- l'huile hydraulique (circuit haute pression) ;
- l'huile de lubrification du multiplicateur ;
- l'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement ;
- les graisses pour les roulements et systèmes d'entrainements ;
- l'hexafluorure de soufre (SF_6), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique.

D'autres produits peuvent être utilisés lors des phases de maintenance (lubrifiants, décapants, produits de nettoyage), mais toujours en faibles quantités (quelques litres au plus).

5.1.2 - Danger des produits

5.1.2.1 - *Inflammabilité et comportement vis à vis de l'incendie*

Les huiles, les graisses et l'eau glycolée ne sont pas des produits inflammables. Ce sont néanmoins des produits combustibles qui sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud intense peuvent développer et entretenir un incendie. Dans les incendies d'éoliennes, ces produits sont souvent impliqués.

Certains produits de maintenance peuvent être inflammables mais ils ne sont amenés dans l'éolienne que pour les interventions et sont repris en fin d'opération. Le SF_6 est pour sa part ininflammable.

5.1.2.2 - *Toxicité pour l'homme*

Ces divers produits ne présentent pas de caractère de toxicité pour l'homme. Ils ne sont pas non plus considérés comme corrosifs (à causticité marquée).

5.1.2.3 - *Dangerosité pour l'environnement*

Vis-à-vis de l'environnement, le SF_6 possède un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important, mais les quantités présentes sont très limitées (seulement 1 à 2 kg de gaz dans les cellules de protection).

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

5.1.3 - Conclusion

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

5.2 - POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de la Plaine du Tors 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 ;
- échauffement de pièces mécaniques ;
- court-circuit électrique (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 28 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation
Source : Guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers – Mai 2012

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

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
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

5.3 - REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGER A LA SOURCE

5.3.1 - Principales actions préventives

Cette partie explique les choix qui ont été effectués par le porteur de projet au cours de la conception du projet pour réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation.

5.3.1.1 - *Choix de l'emplacement des installations*

Suite à une première analyse, le site du parc éolien de la Plaine du Tors a été retenu car il offre de nombreux avantages pour l'implantation d'éoliennes (cf. chapitre « Raison du choix » de l'étude d'impact) et notamment :

- l'absence ou la très faible probabilité de risques naturels dans le secteur d'étude (inondation, mouvement de terrain, incendie de forêt, séisme,…) – cf. paragraphe 1 -3.1.2 - page 24,
- un éloignement des aérogénérateurs par rapport aux habitations de plus de 500 m – cf. paragraphe 3.2.1 - page 30,
- des servitudes radioélectriques qui ne compromettent pas l'implantation d'éoliennes.

5.3.1.2 - *Réduction des potentiels de dangers lies aux produits*

Les produits dangereux présents sur l'éolienne ne peuvent pas être supprimés car ils sont nécessaires au bon fonctionnement du procédé (lubrification).

5.3.1.3 - *Réduction des potentiels de dangers liés au fonctionnement*

a) Conformité des éoliennes

Une éolienne est une machine au sens de la directive européenne 98/37/CE concernant le rapprochement des législations des Etats membre relatives aux machines et qui est transposée en droit français par les articles L. 233-5 et suivants du code du travail ainsi que par les décrets d'applications de ces textes.

Les éoliennes installées sur le site du parc éolien de la Plaine du Tors seront conformes à la directive 98/37/CE et aux dispositions pertinentes du code du travail.

Ainsi, les éoliennes :

- satisferont aux exigences essentielles de sécurité de cette directive ou les normes harmonisées traduisant ces exigences ;
- seront revêtues du marquage "CE" ;
- disposeront d'une déclaration de conformité délivrée par le fabricant au titre de l'article R. 233-73 du code du travail, attestant de la conformité de la machine aux prescriptions techniques la concernant.

La directive 98/37/CE sera appliquée par les dispositions suivantes :

- chaque machine portera de manière lisible et indélébile les indications minimales suivantes (point 1.7.3 de l'annexe 1 sous l'article R. 233-84 du Code du Travail) :
  - le nom du fabricant et son adresse
  - le marquage "CE" de conformité constituée des initiales "CE" (art R. 233-73 du Code du Travail)
  - la désignation de la série ou du type
  - le numéro de série (s'il existe)
  - l'année de construction ;
- l'exploitant disposera de la déclaration "CE" de conformité (art R. 233-73 du Code du Travail) établit par le fabricant pour attester la conformité des machines et des composants de sécurité à la directive pour chacune des machines ou chacun des composants de sécurité fabriqués ;
- l'exploitant disposera de la notice d'instructions (point 1.7.4 de l'annexe 1 sous l'article R. 233-84 du Code du Travail) pour chaque machine qui comportera notamment les instructions nécessaires pour que la mise en service, l'utilisation et la maintenance s'effectuent sans risque.

De plus, les éoliennes du parc éolien seront dimensionnées afin de répondre aux exigences de :

- bonne application des principes généraux de prévention (art. L. 230-1 et suivants) ;
- stabilité des machines (point 1.3.1 de l'annexe 1 sous art. R. 233-84 du Code du Travail) ;
- risques de rupture en service (point 1.3.2 de l'annexe 1 sous art. R. 233-84 du Code du Travail) ;
- risques dus aux chutes et projections d'objets (point 1.3.3 de l'annexe 1 sous art. R. 233-84 du Code du Travail) ;
- risques de chutes (point 1.5.15 de l'annexe 1 sous art. R. 233-84 du Code du Travail).

Elles disposeront d'un dossier de maintenance (art. R.235-5) ou d'un dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage.

Lorsque les travaux seront réalisés, en fonction de la coordination mise en œuvre :

- soit le plan de prévention sera établi en respect des prescriptions particulières applicables aux travaux réalisés dans des sites en exploitation (art. R. 237-1 et suivants) ;
- soit la mise en œuvre de la coordination s'effectuera en respect des prescriptions particulières applicables aux opérations de bâtiment ou de génie civil (art. R. 238-1 et suivants).

b) Contrôle technique des éoliennes

Le décret n° 2007-1327 du 11 septembre 2007 introduit un contrôle technique obligatoire pour les éoliennes dont la hauteur du mât et de la nacelle est supérieure à 12 mètres.

Ces contrôles seront réalisés durant la phase de construction de l'éolienne. Ils concernent le massif de stabilité (fondation) de l'éolienne ainsi que les liaisons entre ce massif et la machine.

c) Maintenance et entretien du matériel

L'inspection et l'entretien du matériel sont effectués par des opérateurs des constructeurs des éoliennes, formés pour ces interventions.

Tout au long des années de fonctionnement de l'éolienne, des opérations de maintenance programmées vérifient l'état et le fonctionnement des sous-systèmes de l'éolienne :

- à chaque anniversaire de la première mise en route de l'éolienne ;
- tous les 4 ou 5 ans (selon l'élément) après la première mise en route de l'éolienne ;
- tous les 10 ans après la première mise en route de l'éolienne.

d) Autres contrôles réglementaires périodiques

Conformément à la réglementation, un contrôle de l'ensemble des installations électriques sera réalisé tous les ans par un organisme agréé. En cas de besoin, des contrôles complémentaires seront opérés tels que :

- la vérification de l'absence de dommage visible pouvant affecter la sécurité ;
- la résistance d'isolement de l'installation électrique ;
- la séparation électrique des circuits ;
- les conditions de protection par coupure automatique de l'alimentation.

Les équipements et accessoires de levage feront également l'objet de contrôles périodiques par des organismes agréés.

Le matériel incendie sera contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme agréé extérieur.

Les résultats des contrôles des installations électriques, des équipements de levage et du matériel incendie seront consignés dans des registres tenus à la disposition de l'inspection des installations classées.

e) Maintenance curative

Il s'agit des opérations de maintenance réalisées suite à des défaillances de matériels ou d'équipements (ex : remplacement d'un capteur défaillant, ajout de liquide de refroidissement faisant suite à une fuite,…). Ces opérations sont faites à la demande, dès détection du dysfonctionnement, de façon à rendre l'équipement à nouveau opérationnel.

f) Formation du personnel

Le personnel intervenant sur les installations (monteurs, personnel affecté à la maintenance) est formé et encadré. La formation porte notamment sur :

- la présentation générale d'une éolienne et les risques associés à son fonctionnement ;
- les règles de sécurité à respecter ;
- l'utilisation des équipements de protection individuelle, notamment les dispositifs de protection contre les chutes ;
- le travail en hauteur ;
- la lutte contre l'incendie ;
- les habilitations électriques.

Les opérations réalisées tant dans le cadre du montage, de la mise en service que des opérations de maintenance périodique sont effectuées suivant des procédures qui définissent les tâches à réaliser, les équipements d'intervention à utiliser et les mesures à mettre en place pour limiter les risques d'accident. Des check-lists sont établies afin d'assurer la traçabilité des opérations effectuées.

5.3.2 - Utilisation des meilleures techniques disponibles

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

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

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

6 - ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

6.1 - INTRODUCTION

Dans cette partie de l'étude de dangers sont recensés et analysés les accidents survenus sur des installations similaires à l'installation concernée par l'étude de dangers.

Rappelons que l'objectif de l'analyse de l'accidentologie n'est pas de dresser une liste exhaustive de tous les accidents ou incidents survenus, ni d'en tirer des données statistiques. Il s'agit, avant tout, de rechercher les types de sinistres les plus fréquents, leurs causes et leurs effets, ainsi que les mesures prises pour limiter leur occurrence ou leurs conséquences.

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

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie 7 -, page 54.

6.2 - INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

6.2.1 - Bases de données consultées

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien de la Plaine du Tors. 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 (mai 2012).

L'accidentologie relatée ci-après résulte de la consultation principalement de :

- La base ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles – Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire) qui recense et analyse les accidents et incidents, survenus en France ou à l'étranger, depuis le 1er janvier 1992 (date de création du BARPI). Les événements les plus graves qui ont pu se produire avant 1992 sont également répertoriés (6% des accidents français ou étrangers recensés dans ARIA sont antérieurs à 1988).
- La note technique accidentologie du SER – FEE[1] recense des incidents liés aux parcs éoliens en France, sur la base des informations suivantes :
    - rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
    - base de données ARIA ;
    - communiqués de presse du SER – FEE et/ou des exploitants éoliens ;
    - site Internet de l'association « Vent de Colère » (anti-éolien) ;
    - site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » (anti-éolien) ;
    - articles de presse divers ;
    - données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

Cette note fournit également, dans sa deuxième partie des indications qualitatives sur les typologies d'accidents ayant affectés des parcs éoliens dans le reste du monde. La note précise qu'il apparaît impossible aujourd'hui d'effectuer un recensement exhaustif à l'échelle internationale, en raison notamment du grand nombre de parcs installés et du manque de retours d'expérience dans certains pays.

6.2.2 - Inventaires des accidents 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 réalisée 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 affectés 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 94 incidents a pu être recensé entre 2000 et fin juin 2019 (cf. Annexe 4 – Analyse des accidents survenus en France page 95.). 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 sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011 :

- 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.

[1] Note technique accidentologie, SER – FEE, Groupe de Travail Etudes de Dangers, Avril 2011

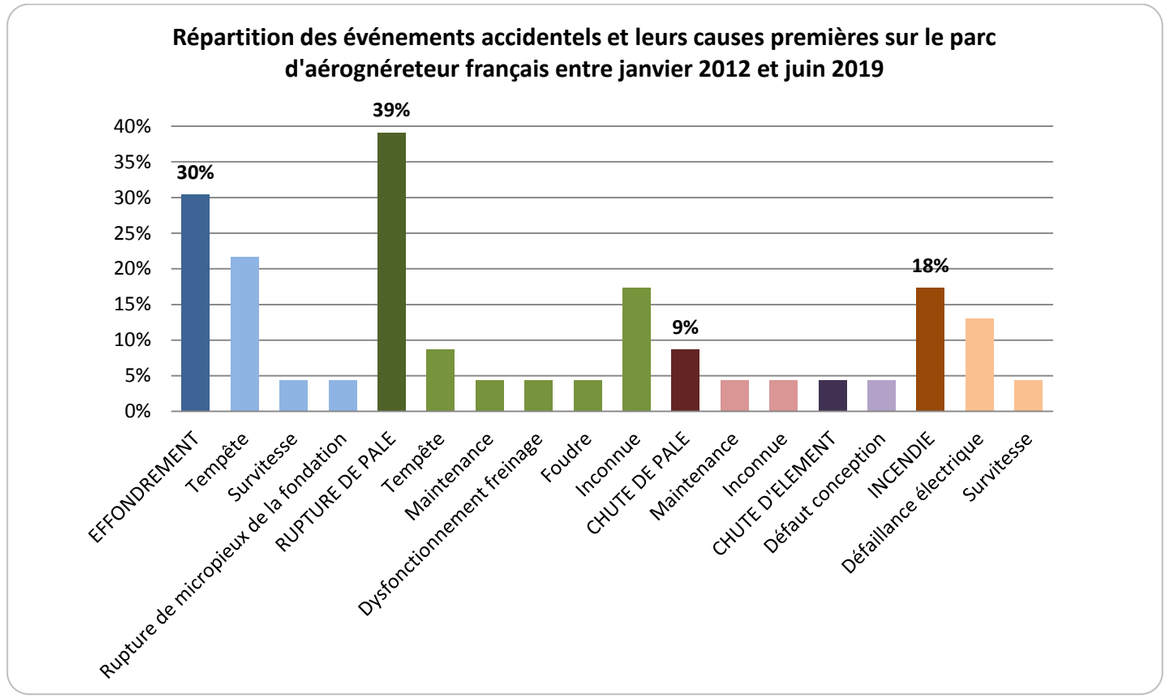
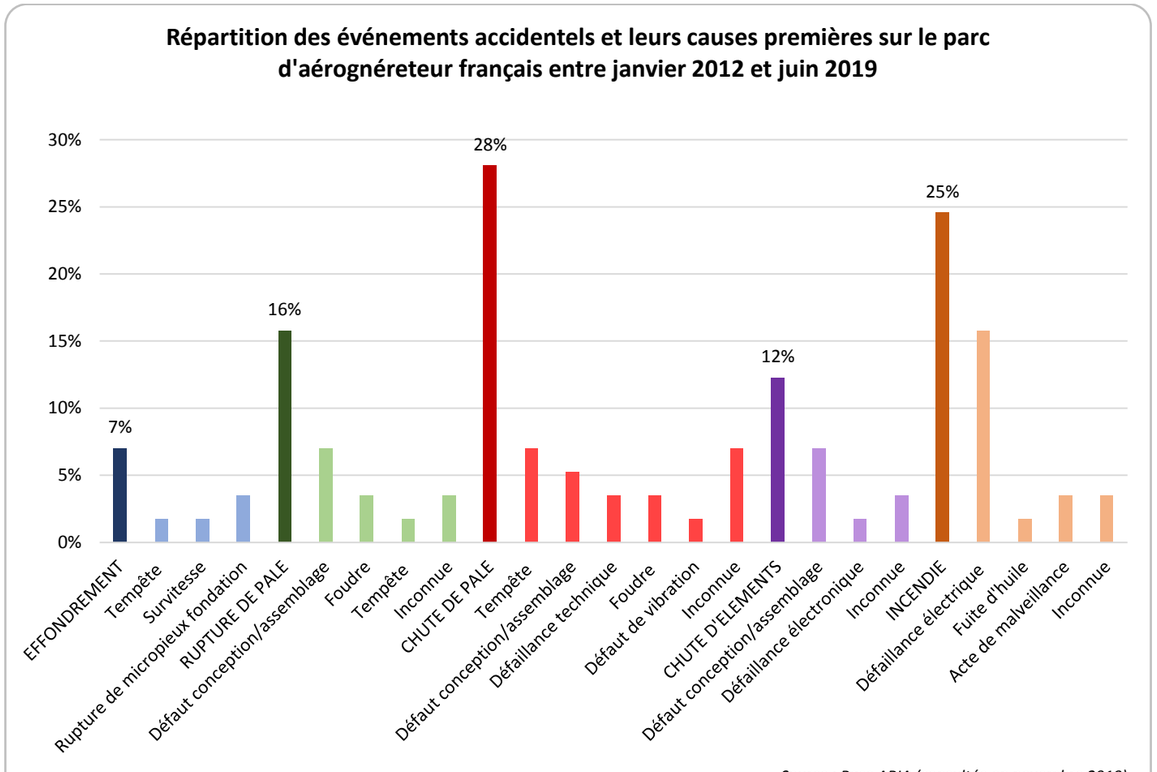


Figure 26 : Répartition en pourcentage des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011

Source : Guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers – Mai 2012 (Groupe de travail SER-FEE)

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés entre 2000 et 2011 sont les ruptures de pale, les effondrements, les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. Ces accidents ont pour cause principale les tempêtes.

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateur français entre janvier 2012 et juin 2019. Ce graphique a été réalisé de la même façon que le graphique précédent, les histogrammes de couleur foncé représente la répartition des événements effondrement, rupture de pale, chute de pale, chute d'éléments, incendie, fuite d'huile et autres par rapport à la totalité des accidents observés en France et les histogrammes de couleur clair représentent les causes premières. Ces données proviennent intégralement de la base ARIA qui a été consulté en novembre 2019. L'ensemble de ces accidents est détaillé dans le tableau en Annexe 4 – Analyse des accidents survenus en France page 95.



Source : Base ARIA (consultée en novembre 2019)

Figure 27 : Répartition en pourcentage des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs français entre janvier 2012 et juin 2019

Source : Base ARIA – consultée en novembre 2019

La répartition des événements accidentels est différente par rapport au graphique précédent. En effet, par ordre d'importance, les accidents les plus recensés entre janvier 2012 et juin 2019 sont les chutes de pale (28%), les incendies (25%), les ruptures de pale (16%), les chutes des autres éléments de l'éolienne (12%) et l'effondrement (7%). Cette différence peut s'expliquer par le fait que contrairement au graphique précédent, les données entre 2012 et 2019 sont issues de la base ARIA alors que celles entre 2000 et 2011 proviennent d'une synthèse d'ununn groupe de travail dont les sources sont multiples (sites internet association, article de presse, etc…).

D'après la base de données ARIA, les incidents récents en région Normandie sont les suivants :

- le 17 juillet 2017 : chute d'un aérofrein ayant endommagé la clôture du site – Parc éolien du Cap Fagnet à Fécamp (76), exploité par la société EDF Energies nouvelles ;
- le 8 novembre 2017 : chute d'un carénage - parc éolien Roman-Blandey à Roman (27), exploité par la société EDP Renovaveis.

6.3 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

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

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 2 559 accidents décrits dans la base de données (jusqu'au 30 septembre 2019) par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 148 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.

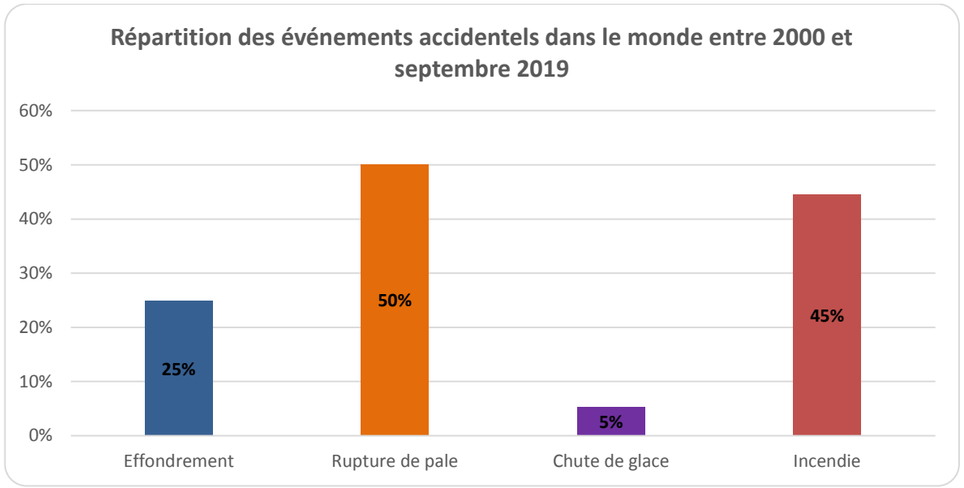


Figure 28 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et septembre 2019
Source : Caithness Windfarm Information Forum 2019

La répartition des évènements accidentels dans le monde entre 2000 et 2019 est du même ordre de grandeur que celle qui avait été observée entre 2000 et 2011 par le groupe de travail de SER/FEE (cf. Guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers – Mai 2012).

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). Ces graphiques porte sur les données 2000-2011 annalysées par le groupe de travail mentionné précédemment.

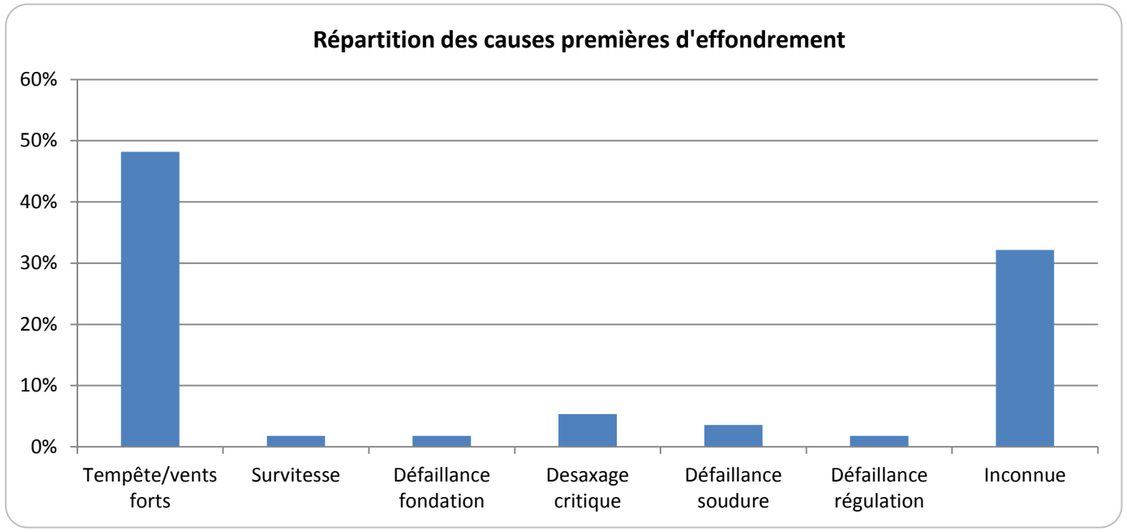


Figure 29 : Répartition des causes premières d'effondrement (données 2000-2011)
Source : Guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers – Mai 2012 (Groupe de travail SER-FEE)

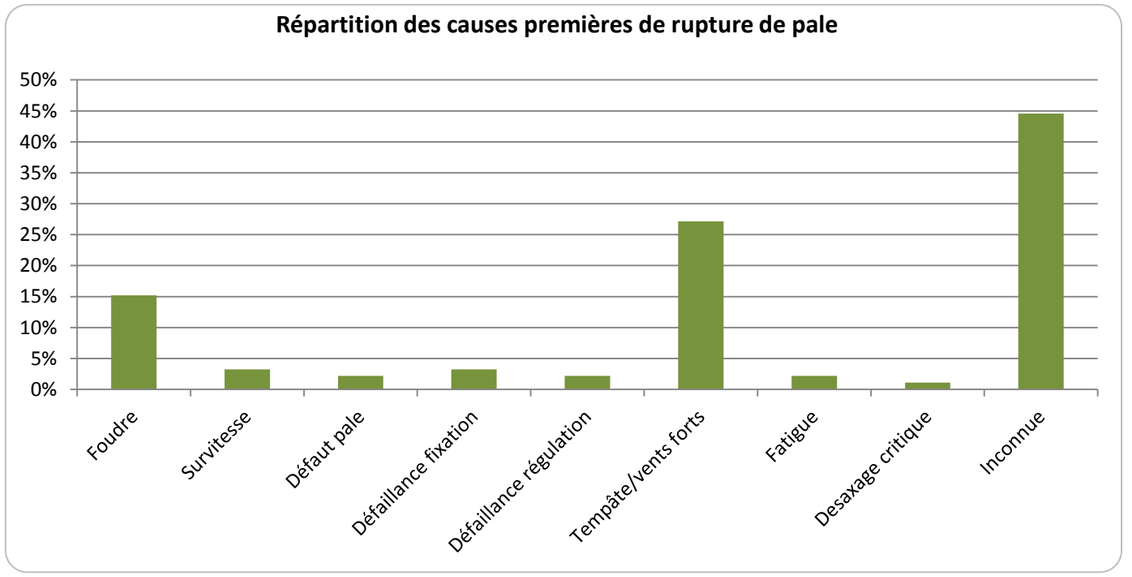


Figure 30 : Répartition des causes premières de rupture de pale (données 2000-2011)
Source : Guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers – Mai 2012 (Groupe de travail SER-FEE)

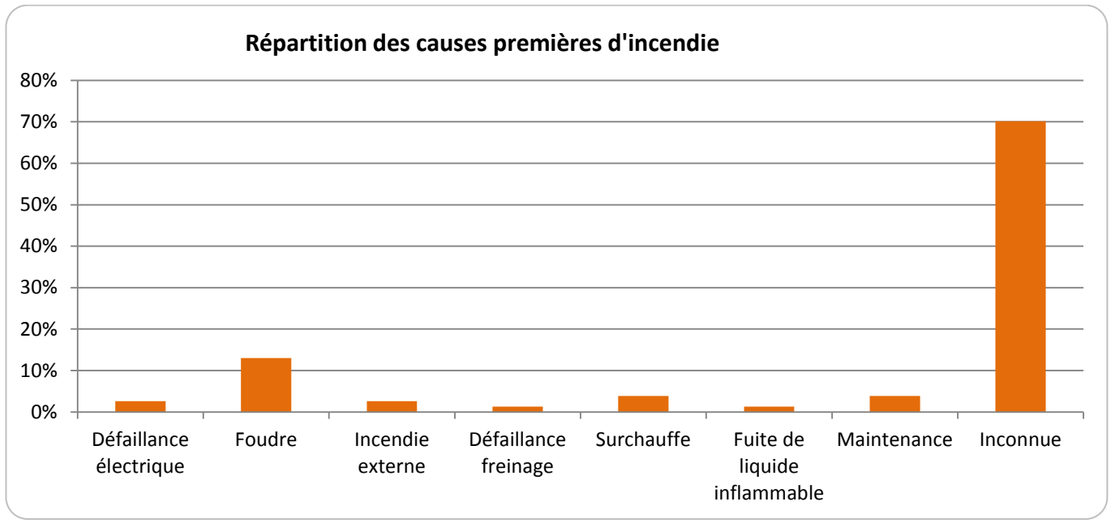


Figure 31 : Répartition des causes premières d'incendie (données 2000-2011)
Source : Guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers – Mai 2012 (Groupe de travail SER-FEE)

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.

6.4 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

La Société Parc éolien de la Plaine du Tors n'exploite pas encore de parc éolien. Parmi les parcs éoliens qui ont été exploités par la société mère, LANGA, aucun accident majeur n'est à déplorer.

6.5 - SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

6.5.1 - 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 32 et Figure 33 ci-après montrent cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées ou de puissance totale raccordée. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant.

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

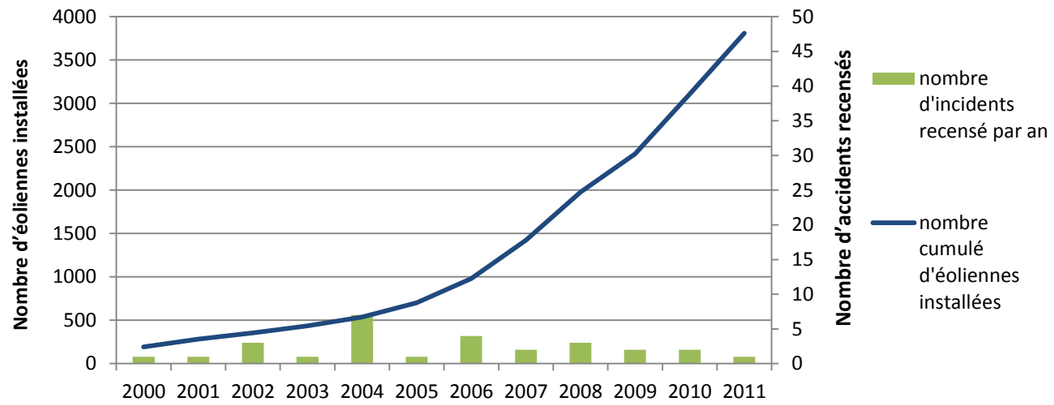


Figure 32 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées entre 2000 et 2011
Source : Guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers – Mai 2012 (Groupe de travail SER-FEE)

On peut noter l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accident reste relativement constant entre 2000 et 2011.

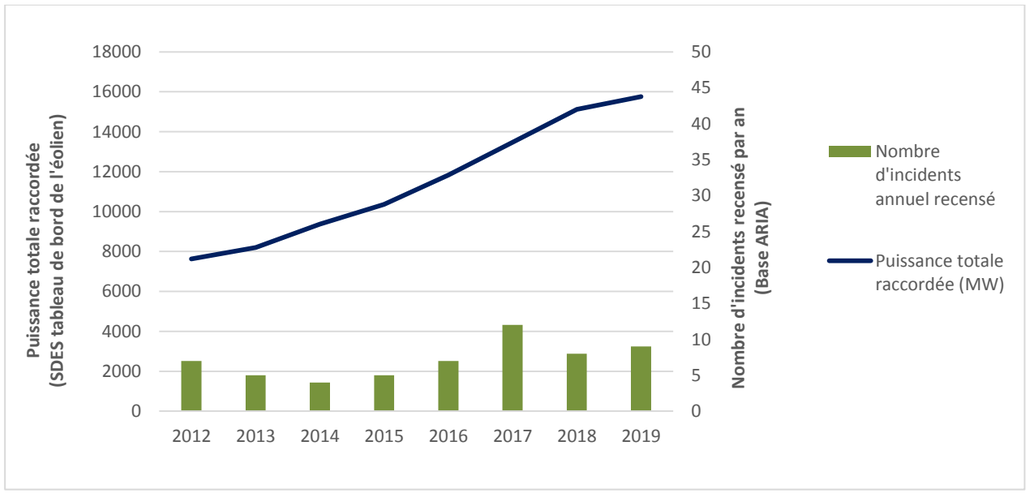


Figure 33 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et puissance totale raccordée entre 2012 et 2019
Source : Base ARIA et SDES tableau de bord de l'éolien

Entre 2012 et 2019, la puissance totale raccordée augmente tandis que le nombre d'incidents est variable selon les années.

6.5.2 - 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 qui sont les suivants :

- effondrements ;
- ruptures de pales ;
- chutes de pales et d'éléments de l'éolienne ;
- incendie.

6.6 - 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.

7 - ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR)

7.1 - OBJECTIFS DE L'APR

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.

7.2 - RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

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

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

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

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

7.3 - RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

7.3.1 - Agressions externes liées aux activités humaines

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

Tableau 29 : Principales agressions extérieures potentielles

Infrastructure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Périmètre*	Distance par rapport au mât des éoliennes							
					E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Voies de circulation RD23	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant
Voies de circulation RD203	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	142 m	Néant	Néant
Voies de circulation Route communale de Maison Rouge	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Néant	83 m	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant
Voie ferrée	Transport	Sortie de voie du train	Energie cinétique du train et flux thermiques	500 m	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	5 000 m	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Néant	Néant	103 m	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	E2 : 360 m	E1 : 360 m E3 : 374m	E2 : 376 m E4 : 390 m	E5 : 351m E3 : 395 m	E4 : 351 m	E7 : 372 m	E8 : 335m E6 : 372 m	E7 : 335 m

**Distance à partir de laquelle l'infrastructure considérée ne constitue plus un agresseur potentiel*

Remarque : les autres aérogénérateurs situés dans le rayon de 500 m des éoliennes E1 à E8 sont les éoliennes du projet de parc éolien de la Plaine du Tors. Il n'y a pas d'éoliennes d'autres parcs situées dans les rayons de 500 m.

a) Danger lié aux voies de circulation

Pour rappel, le tableau suivant indique les plus courtes distances entre les routes comprises dans les zones d'effet des éoliennes :

Tableau 30 : Distance entre les éoliennes et les routes du secteur

Eolienne	Distance la plus courte par rapport à		
	RD 23	RD 203	Route communale de Maison Rouge
E1	253 m	1,7 km	450 m
E2	603 m	1,3 km	83 m
E3	978 m	1,0 km	289 m
E4	1,3 km	653 m	682 m
E5	1,6 km	302 m	1,0 km
E6	2,2 km	142m	1,6 km
E7	2,6 km	410 m	1,9 km
E8	2,9 km	668 m	2,2 km

Les dangers potentiels liés à la circulation automobile sont :

- l'énergie cinétique des véhicules en cas d'accident ;
- les flux thermiques en cas d'incendie d'un véhicule.

En général, les zones d'effets d'un accident automobile restent localisées sur la route et ses abords immédiats (bas-côté), jusqu'à quelques dizaines de mètres maximum de part et d'autre de la route.

Compte-tenu des distances importantes entre les éoliennes et les routes du secteur, les risques liés à un accident automobile par le parc éolien de la Plaine du Tors sont exclus.

b) Danger lié aux lignes électriques

D'après les renseignements RTE, il n'y a pas d'infrastructure de RTE sur la zone d'implantation potentielle. Cependant, deux lignes hautes tension exploitées par ENEDIS traversent la Z.I.P.

L'air est un isolant naturel. En situation normale, la distance entre un être humain au sol et les câbles électriques est suffisamment importante pour écarter tout risque d'arc électrique.

Un phénomène d'arc électrique se forme lorsque la distance entre l'objet et la ligne électrique est trop courte. L'air perd alors son caractère isolant et devient localement conducteur, ce qui permet aux particules électriques de la ligne de se frayer un chemin vers l'objet. Dès lors, un arc électrique se forme.

L'arrêté ministériel du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique n'envisage pas expressément de distance d'éloignement entre les éoliennes et les ouvrages de transport d'électricité.

Dans le cas des éoliennes du parc éolien de la Plaine du Tors, compte-tenu des distances (plus de 103 m) et en raison du pouvoir isolant de l'air, les risques de formation d'un arc électrique entre la ligne et l'extrémité d'une pale des éoliennes sont totalement exclus que ce soit en situation normale ou en situation dégradée.

La rupture d'un câble de la ligne électrique peut survenir suite à un évènement météorologique majeur (accumulation de neige collante, tempête) ou un problème technique (fragilisation des supports des câbles). Dans ce cas, le ou les câble(s) de la ligne électrique peuvent chuter au sol. Le danger est présent au voisinage des câbles pour des personnes car il n'y a plus la protection par le caractère isolant de l'air.

c) Danger lié aux aérodromes

D'après la réponse des services de la Direction Générale de l'Aviation Civile, en date du 29 juin 2017, l'altitude sommitale maximale à ne pas dépasser est de 309 mètre NGF sur des terrains de la commune de Val-de-Saâne et St-Vaast-du-Val. Dans le cas présent, avec des éoliennes de 150 m de hauteur totale (pale à la verticale), l'altitude maximale ne dépasse pas + 307,6 m N.G.F. La zone d'implantation se situe en dehors des zones intéressées par des servitudes aéronautiques et radioélectriques associées à des installations de l'aviation civile.

Selon les informations recueillies auprès de la Direction de la Sécurité aéronautique d'Etat, une partie Nord-Ouest de la Z.I.P se situe *« à moins de 30 kilomètres de la zone LF-P 32.qui sur décision gouvernementale et sous faible préavis, pourrait faire l'objet d'une protection particulière en cas de menace, dans le cadre d'un renforcement de la posture permanente de sûreté (PPS).*

De ce fait, l'implantation d'aérogénérateurs dans ce secteur pourrait être proscrite.

Cependant, en cas de dépôt d'autorisation environnementale pour ce projet, l'instruction du dossier permettra de déterminer s'il est acceptable et s'il est envisageable de limiter la gêne occasionnée par la mise en œuvre de mesures permettant l'arrêt des aérogénérateurs dès l'application des plans de défense aérienne nécessitant un renforcement de la PPS. Ces mesures feraient alors l'objet d'une convention établie entre l'exploitant du parc et le commandement de la défense aérienne et des opérations aériennes (CDAOA). ».

Les éoliennes seront en dehors de toute servitude aéronautique de l'Aviation civile. La zone d'implantation potentielle se situe en dehors de tout périmètre de protection de radar de l'Armée de l'air.

d) Danger lié aux aérogénérateurs

Les aérogénérateurs situés dans un rayon de 500 m sont les éoliennes du projet de parc éolien de la Plaine du Tors. Il n'y a pas d'autre aérogénérateur dans un rayon de 500 m autour des éoliennes.

7.3.2 - Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Tableau 31 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	Le risque de tempête ne peut pas être exclu. Secteur du projet en dehors des zones affectées par des cyclones tropicaux.
Foudre	Faible densité d'arc sur la zone d'étude (inférieure à la moyenne nationale) Les éoliennes respectent la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010)
Glissement de sols/ affaissement miniers	La zone d'implantation potentielle est concernée par plusieurs périmètres de sécurité d'indices de cavités souterraines. Des travaux de décapages et de forages ont été réalisés afin de vérifier l'absence de cavités souterraines au niveau de l'implantation des éoliennes.

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.

En ce qui concerne les cavités, le bureau d'étude ALISE spécialisé dans la problématique cavité a réalisé des forages et décapages sur une zone autour des éoliennes concernées par des indices de cavités souterraines. Ces terrassements ont permis de vérifier l'éventuelle présence d'anomalie potentiellement en lien avec des cavités (remblais, puits, etc…). Toutes les éoliennes ont pu être sécurisées. Deux cavités ont été découvertes au niveau des éoliennes E4 et E8. Une expertise (détermination de son état structurel, de sa morphologie et de son cubage) a permis de lever tout risque. Un comblement par injection de coulis de ciment sera réalisé après l'obtention de l'autorisation et avant la construction de l'éolienne. Les éoliennes seront donc implantées à l'endroit prévu.

7.4 - SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Le tableau ci-après présente l'analyse 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 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 32 : Analyse des risques

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
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 importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Impact sur cible	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
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	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance 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) Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°12)	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.

7.5 - EFFETS DOMINOS

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

Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques génériques présentés 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 ».

En l'absence d'installations ou d'équipements proches, il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.

7.6 - MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du parc éolien de la Plaine du Tors. 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.

Tableau 33 : Fonction de sécurité

Fonction de sécurité	**Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace**	**N° de la fonction de sécurité**	**1**
Mesures de sécurité	Système de détection par déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection ou de déduction de la formation de givre permettant, en cas de détection de glace, une mise en drapeau des pales de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne.		
Maintenance	Vérification du système (opérations de maintenance sur les systèmes de contrôle) au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine, sur le poste de livraison, ainsi que sur les voies d'accès au parc. 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.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques. Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Communication continue des paramètres de fonctionnement ainsi que des alarmes au centre de contrôle du fabricant des éoliennes et de l'exploitant du parc éolien. Mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement et intervention à distance et sur site pour contrôles et redémarrage.		
Description	En cas de température anormalement haute, une alarme est émise au centre de contrôle du fabricant des éoliennes et de l'exploitant du parc éolien. Si la température dépasse un seuil haut, l'éolienne est mise à l'arrêt et ne peut être relancée qu'après un diagnostic à distance ou une intervention d'un technicien dans l'éolienne le cas échéant, qui procédera à une identification des causes et à des opérations techniques le cas échéant.		
Indépendance	Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation.		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Pas de test. Cependant si le capteur est défectueux, il est systématiquement remis en cause et changé.		
Maintenance	Maintenance préventive annuelle de la génératrice et de son système de refroidissement, ainsi que du multiplicateur (y compris le système de refroidissement de l'huile du multiplicateur). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et systèmes de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et/ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui En cas de coupure électrique, le frein aérodynamique par mise en drapeau des pales et le frein mécanique sont secourus par un système de sécurité.		
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 (avec notamment contrôle de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence) conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Système de protection foudre de l'éolienne dimensionné pour prévenir toute dégradation des pales de l'éolienne conformément à la norme IEC 61400-24. Compte tenu de leur situation et des matériaux de construction, les pales sont les éléments les plus sensibles à la foudre. Des pastilles métalliques en acier inoxydable permettant de capter les courants de foudre sont disposées à intervalles réguliers sur les deux faces des pales. Elles sont reliées entre elles par une tresse en cuivre, interne à la pale. Le pied de pale est muni d'une plaque métallique en acier inoxydable, sur une partie de son pourtour, raccordée à la tresse de cuivre. Un dispositif métallique flexible assure la continuité électrique entre la pale et le châssis métallique de la nacelle (il s'agit d'un système de contact glissant comportant deux points de contact par pale). Ce châssis est relié électriquement à la tour, elle-même reliée au réseau de terre disposé en fond de fouille. En cas de coup de foudre sur une pale, le courant de foudre est ainsi évacué vers la terre via la fondation et des prises profondes. Pour la protection interne de la machine, les composants principaux tels l'armoire de contrôle et la génératrice sont protégés par des parasurtenseurs.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif.		
Efficacité	100%		
Tests	Mesure de terre lors des vérifications réglementaires des installations électriques.		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine. Système de détection incendie relié au système de transmission qui émet une alarme au centre de contrôle du fabricant des éoliennes et prévient l'exploitant du parc par mail ou SMS. Intervention des services de secours.		
Description	Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance du fabricant des éoliennes ainsi qu'à l'exploitant du parc éolien, qui se charge de contacter les services d'urgence compétents. Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secouru (UPS). L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance).		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme. L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.		
Efficacité	100%		
Tests	Vérification de la plausibilité des mesures de température.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles et capteurs de pression Procédure d'urgence. Kit antipollution. Bacs de rétention Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération.		
Description	De nombreux détecteurs de niveau de lubrifiant permettent de détecter les éventuelles fuites et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Le circuit hydraulique (servant à piloter l'inclinaison des pales) est équipé de capteurs de pression et le circuit de refroidissement est équipé d'un capteur de niveau bas. Présence de bacs de rétention empêchant l'huile ou la graisse de couler le long du mât et de s'infiltrer dans le sol. Les principaux bacs de rétention sont équipés de capteurs de niveau d'huile afin d'informer les équipes de maintenance via les alertes cas de fuite importante. De plus, la plateforme supérieure de la tour a les bords relevés et a les jointures étanches entre plaques d'acier. Cette plateforme fait office de bac de rétention de secours en cas de fuite importante dans la nacelle. Les opérations de remplacement des bacs de graisse vides font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée et encadrée par les procédures de maintenance. La propreté des rétentions est vérifiée lors de chaque inspection de la nacelle. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : − de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; − d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; − de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine inférieure à une minute		
Efficacité	100%		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile et de l'état des rétentions 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	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système.		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw Gear (moteur d'orientation de la nacelle), boulons de fixation de la nacelle…) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance. Formation du personnel de manière à prévenir les erreurs de maintenance.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
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	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes. Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite.		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 min		
Efficacité	100% NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.		
Maintenance	Maintenance annuelle du système pitch Maintenance annuelle du frein mécanique		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Inspection des équipements lors des maintenances planifiées Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes		
Description	L'intégralité des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas est suivie et enregistrée dans une base de données unique. Ces données sont traitées par des algorithmes en permanence afin de détecter, au plus tôt, les dégradations des équipements. Lorsqu'elle est nécessaire, une inspection de l'équipement soupçonné de se dégrader est planifiée. Les algorithmes de détection et de génération d'alarmes sont en amélioration continue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Entre 12h et 6mois selon le type de dégradation		
Efficacité	100%		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	Contrôle et entretien des équipements		

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.

7.7 - CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

Tableau 34 : Scénarios exclus

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

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.

8 - ETUDE DETAILLEE 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.

8.1 - RAPPEL DES DEFINITIONS

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

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

8.1.1 - Cinétique

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

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

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

8.1.2 - Intensité

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures (article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005 – indice [13] en Annexe 6).

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 (cf. indice [13] en Annexe 6) 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, selon le *Guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens de l'INERIS* (mai 2012):

- 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.

Tableau 35 : Degré d'exposition

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.

8.1.3 - Gravité

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

L'échelle de gravité des conséquences sur l'homme définie dans l'arrêté PCIG du 29 septembre 2005 est la suivante :

Tableau 36 : Echelle de gravité des conséquences sur l'homme

Niveau de gravité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte	Zone délimitée par le seuil des effets létaux	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine
H5. Désastreux	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
H4. Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
H3. Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
H2. Sérieux	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
H1. Modéré	Pas de zone de létalité hors établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne »

8.1.4 - Probabilité

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

Tableau 37 : Echelle de gravité des conséquences sur l'environnement

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 :

$$P_{accident} = P_{ERC} * P_{orientation} * P_{rotation} * P_{atteinte} * P_{présence}$$

Où :

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

$P_{orientation}$ = 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)

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

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

8.1.5 - Acceptabilité

Pour chacun des phénomènes dangereux étudiés, l'acceptabilité des accidents potentiels est déterminée en croisant la gravité des conséquences avec la classe de probabilité selon la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 :

Tableau 38 : Acceptabilité des conséquences selon la classe de probabilité

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

Légende de la matrice :

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

8.2 - CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

8.2.1 - Effondrement de l'éolienne

8.2.1.1 - *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 du parc éolien de la Plaine du Tors.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (cf. références [5] et [6] en Annexe 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.

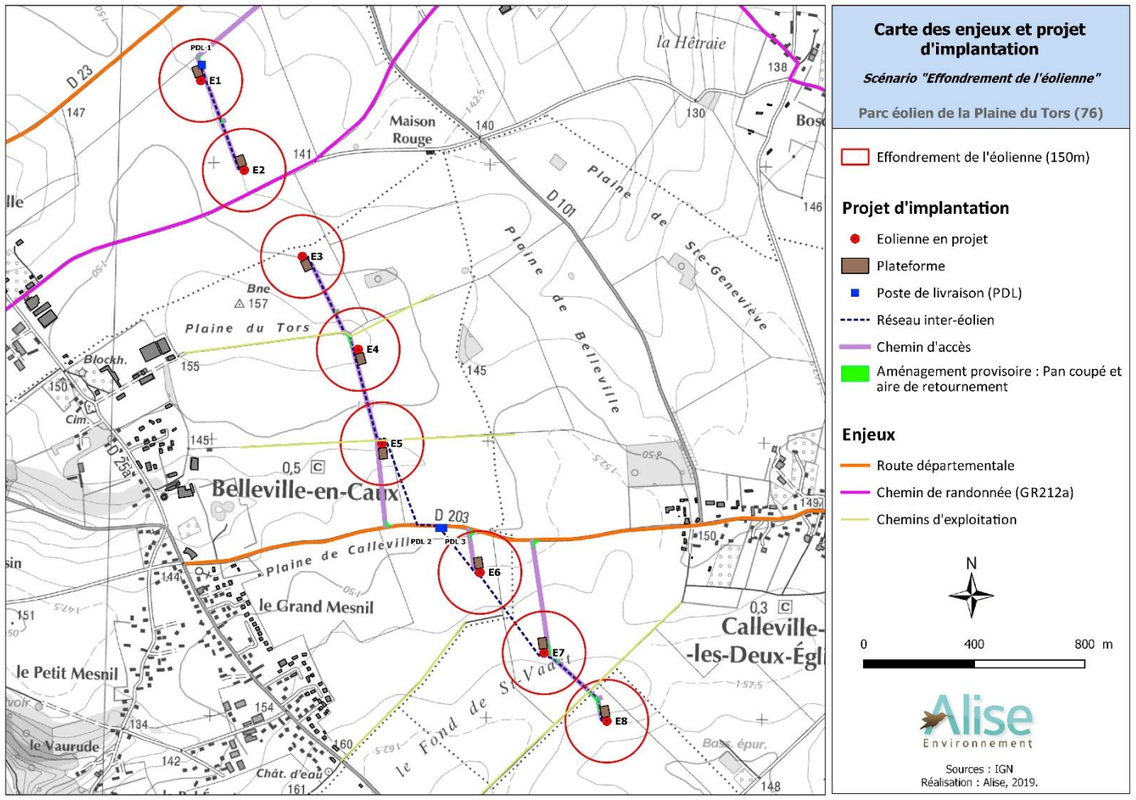


Figure 34 : Carte des enjeux et projet d'implantation – Scénario « Effondrement de l'éolienne »

8.2.1.2 - *Intensité*

Pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface totale balayée par le rotor et la surface du mât non balayée par le rotor, d'une part, et la superficie de la zone d'effet du phénomène, d'autre part.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement pour un gabarit d'éolienne maximaliste dans le cas du parc éolien de la Plaine du Tors, avec :

- R est la longueur de pale (R = 58,5 m)
- H la hauteur au moyeu (H = 92 m)
- L la largeur du mât à la base (L= 6,9 m)
- LB la largeur de la base de la pale (LB = 4 m)

Tableau 39 : Intensité du phénomène « Effondrement de l'éolienne » - Gabarit d'éolienne maximaliste

Effondrement de l'éolienne – Gabarit d'éolienne maximaliste (dans un rayon ≤ à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
$Z_I = H \times L + 3 \times R \times LB/2$ $Z_I = 986$ m²	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$ $Z_E = 71\,158$ m²	$d = Z_I/Z_E$ d =1,39 % (1%<d< 5%)	Exposition forte

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

La zone d'impact est de 986 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 71 158 m² soit 7,1 ha.

8.2.1.3 - *Gravité*

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3 -, page 66), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

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

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Effondrement de l'éolienne » :

Tableau 40 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Effondrement de l'éolienne »

Eolienne	Occupation du sol	Surface (ha) de la zone d'effet	Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes*	Total équivalent personnes permanentes
E1	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente + Aire de retournement	7,1 ha	7,1 x 1/10 = 0,71	0,71
E2	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente + Route communale	7,1 ha	7,1 x 1/10 = 0,71	1,21
	Chemins de randonnée	250 m	2 x 0.25 = 0,5	
E3	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente	7,1 ha	7,1 x 1/10 = 0,71	0,71
E4	Zone agricole + Chemins d'accès + Chemins d'exploitation + Plateforme permanente + Aire de retournement	7,1 ha	7,1 x 1/10 = 0,71	0,71
E5	Zone agricole + Chemins d'accès + Chemins d'exploitation + Plateforme permanente	7,1 ha	7,1 x 1/10 = 0,71	0,71
E6	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente + RD 203 + Aire de retournement	7,1 ha	7,1 x 1/10 = 0,71	0,71
E7	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente + Aire de retournement	7,1 ha	7,1 x 1/10 = 0,71	0,71
E8	Zone agricole + Chemins d'accès + Chemins d'exploitation + Plateforme permanente + Aire de retournement	7,1 ha	7,1 x 1/10 = 0,71	0,71

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. Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- ***Zone agricole (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha ;***
- ***Chemin d'exploitation et chemin d'accès (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;***
- ***Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) et route communale : 1 personne par tranche de 10 ha ;***
- ***Plateformes permanentes et aire de retournement (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;***
- ***Chemins de randonnées : 2 personnes/1 km / 100 promeneurs par jour en moyenne.***

Pour simplifier l'analyse, dans le cas où l'occupation du sol est différente pour une même éolienne, nous ne différencierons pas les éléments (sauf pour les chemins de randonnées) et nous classerons donc les champs et les prairies en terrains aménagés mais peu fréquentés (catégorie la plus majorante quant aux victimes potentielles), donc 1 personne par tranche de 10 ha. Cette hypothèse est majorante vis-à-vis du comptage du nombre de victimes potentielles.

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 :

Tableau 41 : Gravité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon ≤ à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)**	*Gravité*
E1	0,71	Sérieux
E2	1,21	Important
E3	0,71	Sérieux
E4	0,71	Sérieux
E5	0,71	Sérieux
E6	0,71	Sérieux
E7	0,71	Sérieux
E8	0,71	Sérieux

La gravité du phénomène « Effondrement de l'éolienne » est qualifiée de « Sérieux » pour les éoliennes E1, E3, E4, E5, E6, E7, E8 .La gravité de ce phénomène est qualifiée de « Important » pour l'éolienne E2.

8.2.1.4 - *Probabilité*

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

Tableau 42 : Probabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience[2], soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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

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

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

[2] 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.

- 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.

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* » peut s'appliquer.

8.2.1.5 - *Acceptabilité*

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

Tableau 43 : Acceptabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon ≤ à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	*Gravité*	*Niveau de risque*
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Important	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable
E6	Sérieux	Acceptable
E7	Sérieux	Acceptable
E8	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de la Plaine du Tors, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.2 - Chute de glace

8.2.2.1 - *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 (cf. référence [15] en Annexe 6), une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concernée 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.

8.2.2.2 - *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 de la Plaine du Tors, la **zone d'effet est donc un disque de rayon de 58,5 m** autour des éoliennes.

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

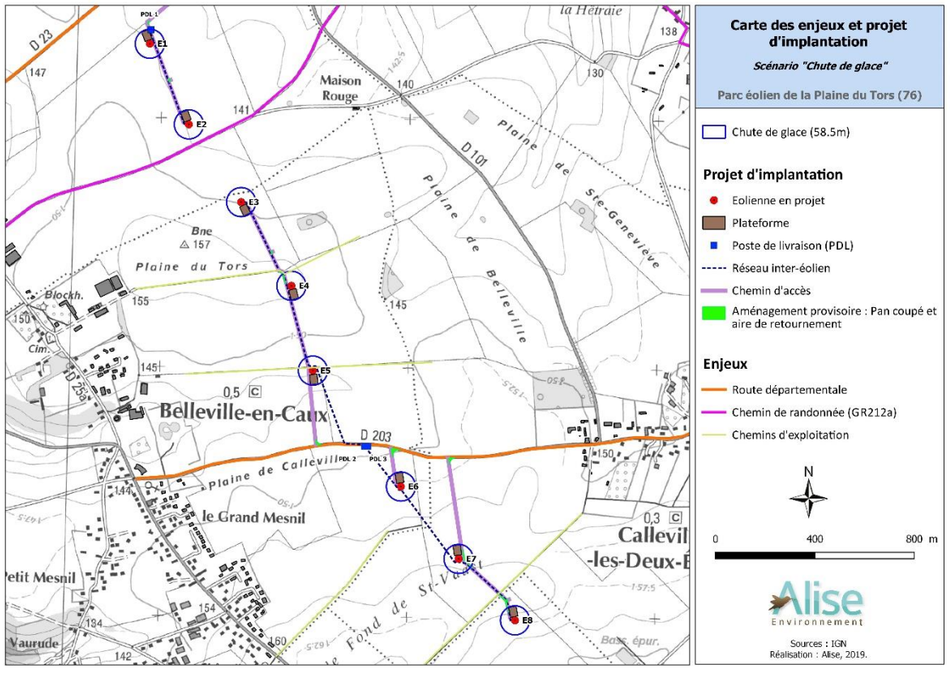


Figure 35 : Carte des enjeux et projet d'implantation – Scénario « Chute de glace »

8.2.2.3 - *Intensité*

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

Le tableau ci-contre permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace pour un gabarit d'éolienne maximaliste dans le cas du parc éolien de la Plaine du Tors, avec :

- d : le degré d'exposition,
- ZI est la zone d'impact,
- ZE est la zone d'effet,
- R est le rayon du rotor (R = 58,5 m)
- SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m²).

Tableau 44 : Intensité du phénomène « Chute de glace » - Gabarit d'éolienne maximaliste

Chute de glace – Gabarit d'éolienne maximaliste (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
ZI = SG Z_I = 1 m²	$Z_E = \pi \times (R)^2$ Z_E = 10 751 m²	$D = Z_I/Z_E$ d = 0,01 (< 1 %)	Exposition modérée

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

Pour le gabarit d'éolienne maximaliste, la zone d'impact est de 1 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 10 751 m² soit 1,1 ha.

8.2.2.4 - *Gravité*

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3 - page 66), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Chute de glace » :

Tableau 45 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Chute de glace »

Eolienne	Occupation du sol	Surface (ha) de la zone d'effet	Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes*	Total équivalent personnes permanentes
E1	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente	1,1 ha	1,1 x 1/10 = 0,11	0,11
E2	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente	1,1 ha	1,1 x 1/10 = 0,11	0,11
E3	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente	1,1 ha	1,1 x 1/10 = 0,11	0,11
E4	Zone agricole + Chemins d'accès + Chemins d'exploitation + Plateforme permanente + Aire de retournement	1,1 ha	1,1 x 1/10 = 0,11	0,11
E5	Zone agricole + Chemins d'accès + Chemins d'exploitation + Plateforme permanente	1,1 ha	1,1 x 1/10 = 0,11	0,11
E6	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente	1,1 ha	1,1 x 1/10 = 0,11	0,11
E7	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente + Aire de retournement	1,1 ha	1,1 x 1/10 = 0,11	0,11
E8	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente + Aire de retournement	1,1 ha	1,1 x 1/10 = 0,11	0,11

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. Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- ***Zone agricole (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha ;***
- ***Chemin d'exploitation et chemin d'accès (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;***
- ***Plateformes permanentes et aire de retournement (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;***

Pour simplifier l'analyse, dans le cas où l'occupation du sol est différente pour une même éolienne, nous ne différencierons pas les éléments (sauf pour les chemins de randonnées) et nous classerons donc les champs et les prairies en terrains aménagés mais peu fréquentés (catégorie la plus majorante quant aux victimes potentielles), donc 1 personne par tranche de 10 ha. Cette hypothèse est majorante vis-à-vis du comptage du nombre de victimes potentielles.

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

Tableau 46 : Gravité du phénomène « Chute de glace »

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
E1	0,11	Modéré
E2	0,11	Modéré
E3	0,11	Modéré
E4	0,11	Modéré
E5	0,11	Modéré
E6	0,11	Modéré
E7	0,11	Modéré
E8	0,11	Modéré

La gravité du phénomène « Chute de glace » est qualifiée de « Modéré » pour l'ensemble du parc éolien de la Plaine du Tors.

8.2.2.5 - *Probabilité*

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

8.2.2.6 - *Acceptabilité*

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

Tableau 47 : Acceptabilité du phénomène « Chute de glace »

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	*Gravité*	*Niveau de risque*
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable
E8	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de la Plaine du Tors, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

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

8.2.3 - Chute d'éléments des éoliennes

8.2.3.1 - *Zone d'effet*

La chute d'éléments comprend la chute de tous les équipements situés en hauteur : trappes, boulons, morceaux de pale ou pale entière. 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'éléments est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une **zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor soit 58,5 m** pour le gabarit maximaliste.

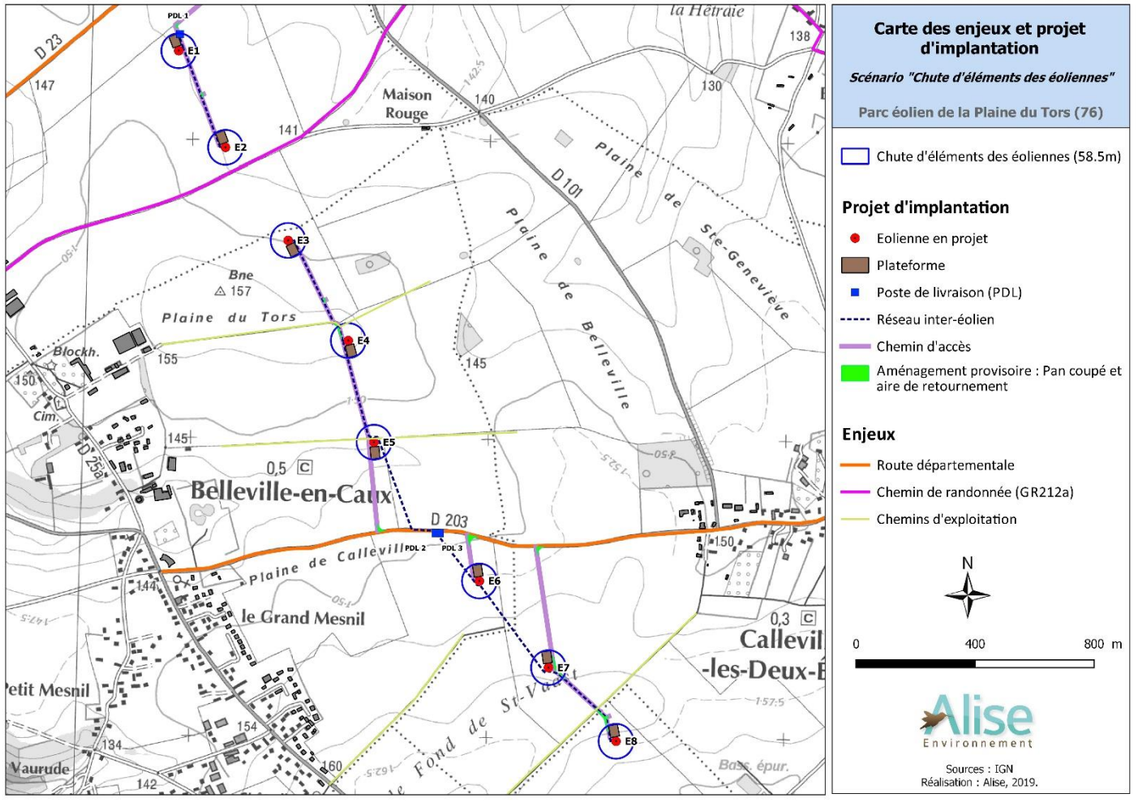


Figure 36 : Carte des enjeux et projet d'implantation – Scénario « Chute d'éléments des éoliennes »

8.2.3.2 - *Intensité*

Pour le phénomène de chute d'éléments, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière se détachant de l'éolienne) 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 d'un gabarit d'éolienne maximaliste dans le cas du parc éolien de la Plaine du Tors, avec :

- d : le degré d'exposition,
- Z_I : la zone d'impact,
- Z_E : la zone d'effet,
- R : le rayon du rotor (R= 58,5 m),
- LB : la largeur de la base de la pale (LB= 4 m).

Tableau 48 : Intensité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne » - Gabarit d'éolienne maximaliste

Chute d'éléments de l'éolienne – Gabarit maximaliste (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
Z_I= R x LB/2 Z_I = 117 m²	$Z_E = \pi \times R^2$ Z_E = 10 751 m²	d= Z_I/Z_E d = 1,09 % (1%<d< 5%)	Exposition forte

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

Pour le gabarit d'éolienne maximaliste, la zone d'impact est de 117 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 10 751 m² soit 1,1 ha.

8.2.3.3 - *Gravité*

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3 -, page 66), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments, dans la zone de survol de l'éolienne (le phénomène de chute d'éléments engendrant 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 le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne » :

Tableau 49 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Chute d'éléments de l'éolienne »

Eolienne	Occupation du sol	Surface (ha) de la zone d'effet	Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes*	Total équivalent personnes permanentes
E1	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente	1,1 ha	1,1 x 1/10 = 0,11	0,11
E2	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente + route communale	1,1 ha	1,1 x 1/10 = 0,11	0,11
E3	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente	1,1 ha	1,1 x 1/10 = 0,11	0,11
E4	Zone agricole + Chemins d'accès + Chemins d'exploitation + Plateforme permanente + Aire de retournement	1,1 ha	1,1 x 1/10 = 0,11	0,11
E5	Zone agricole + Chemins d'accès + Chemins d'exploitation + Plateforme permanente	1,1 ha	1,1 x 1/10 = 0,11	0,11
E6	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente	1,1 ha	1,1 x 1/10 = 0,11	0,11
E7	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente + Aire de retournement	1,1 ha	1,1 x 1/10 = 0,11	0,11
E8	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente + Aire de retournement	1,1 ha	1,1 x 1/10 = 0,11	0,11

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. Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- ***Zone agricole (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha ;***
- ***Chemin d'exploitation et chemin d'accès (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;***
- ***Plateformes permanentes et aire de retournement (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;***

Pour simplifier l'analyse, dans le cas où l'occupation du sol est différente pour une même éolienne, nous ne différencierons pas les éléments (sauf pour les chemins de randonnées) et nous classerons donc les champs et les prairies en terrains aménagés mais peu fréquentés (catégorie la plus majorante quant aux victimes potentielles), donc 1 personne par tranche de 10 ha. Cette hypothèse est majorante vis-à-vis du comptage du nombre de victimes potentielles.

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

Tableau 50 : Gravité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
E1	0,11	Sérieux
E2	0,11	Sérieux
E3	0,11	Sérieux
E4	0,11	Sérieux
E5	0,11	Sérieux
E6	0,11	Sérieux
E7	0,11	Sérieux
E8	0,11	Sérieux

La gravité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne » est qualifiée de « Sérieux » pour le parc éolien de la Plaine du Tors.

8.2.3.4 - *Probabilité*

Peu d'élément sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pale ou d'éléments d'éolienne.

Le retour d'expérience connu en France montre que ces évènements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47 x 10^{-4} événements par éolienne et par an).

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

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

8.2.3.5 - *Acceptabilité*

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

Tableau 51 : Acceptabilité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	*Gravité*	*Niveau de risque*
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable
E6	Sérieux	Acceptable
E7	Sérieux	Acceptable
E8	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de la Plaine du Tors, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.4 - Projection de pales ou de fragments de pales

8.2.4.1 - *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 fragments de pale est de 380 m 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 (cf. référence [3] en Annexe 6.

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

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

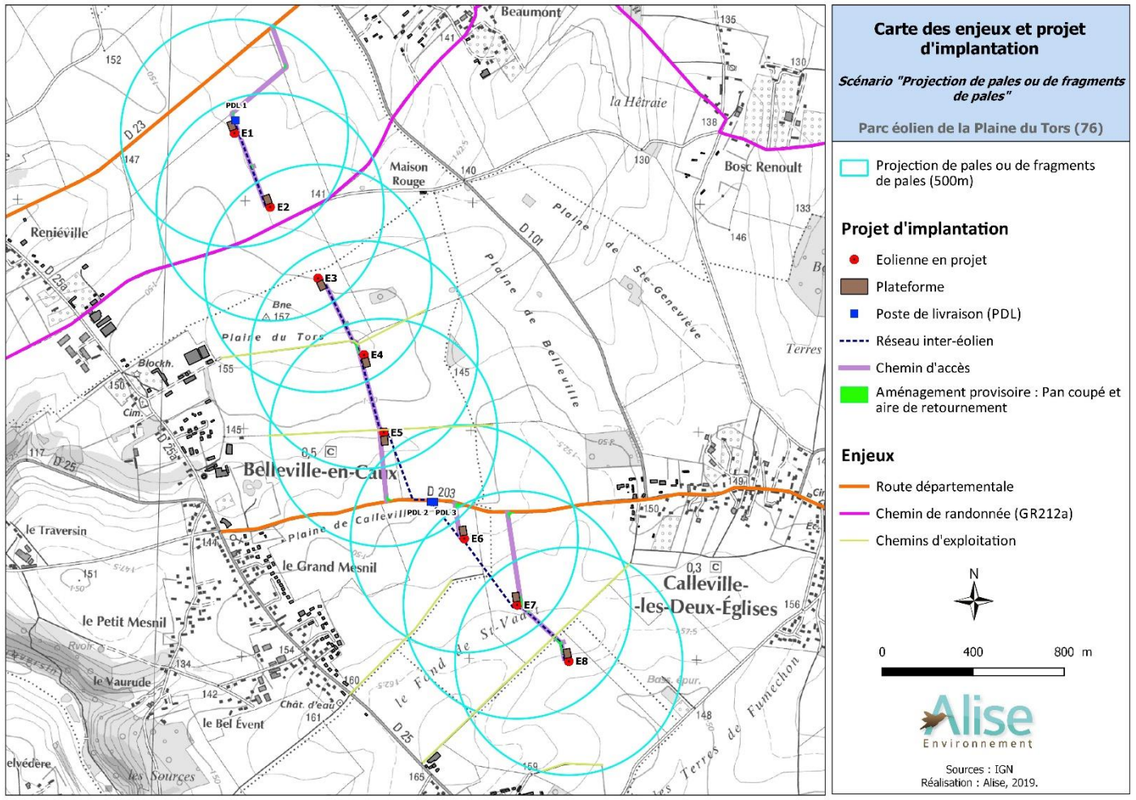


Figure 37 : Carte des enjeux et projet d'implantation – Scénario « Projection de pales ou de fragments de pales »

8.2.4.2 - *Intensité*

Pour le phénomène de projection de pale ou de fragments 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 projection de pale ou de fragments de pale dans le cas du parc éolien de la Plaine du Tors avec :

- d : est le degré d'exposition,
- Z_I : la zone d'impact,
- ZE : la zone d'effet,
- R : la longueur des pales (R = 58,9 m),
- LB : la largeur de la base de la pale (LB = 4 m),
- P : Zone de 500m autour de chaque éolienne.

Tableau 52 : Intensité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale » - Gabarit d'éolienne maximaliste

Projection de pale ou de fragments de pale – Gabarit d'éolienne maximaliste (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
$Z_I = R \times LB/2$ $Z_I = 117$ m²	$Z_E = \pi \times P^2$ $Z_E = 785\,398$ m²	$d = (Z_I / Z_E)$ $d = 1{,}49.10^{-2}$ (< 1 %)	Exposition modérée

Pour le gabarit d'éolienne maximaliste, la zone d'impact est donc de 117 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 785 398 m² soit 78,5 ha.

8.2.4.3 - *Gravité*

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3 -, page 66, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

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

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale» :

Tableau 53 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Projection de pale ou de fragments de pale»

Eolienne	Occupation du sol	Surface (ha) de la zone d'effet	Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes*	Total équivalent personnes permanentes
E1	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente + Aire de retournement + RD23	78,5 ha	78,5 x 1/10 = 7,85	8,79
	Chemins de randonnée	472 m	2 x 0,472 = 0, 94	
E2	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente + Aire de retournement + route communale	78,5 ha	78,5x 1/10 = 7,85	10,65
	Chemins de randonnée	1,4 km	2 x 1,4 = 2,8	
E3	Zone agricole + Chemins d'accès + chemins d'exploitation + Plateforme permanente + Aire de retournement + route communale	78,5 ha	78,5 x 1/10 = 7,85	9,38
	Chemins de randonnée	764 m	2 x 0,764 = 1,53	
E4	Zone agricole + Chemins d'accès + Chemins d'exploitation + Plateforme permanente + Aire de retournement	78,5 ha	78,5 x 1/10 = 7,85	7,85
E5	Zone agricole + Chemins d'accès + chemins d'exploitation + Plateforme permanente + RD203	78,5 ha	78,5 x 1/10 = 7,85	7,85
E6	Zone agricole + Chemins d'accès + chemins d'exploitation + Plateforme permanente + Aire de retournement + RD203	78,5 ha	78,5 x 1/10 = 7,85	7,85
E7	Zone agricole + Chemins d'accès + Chemins d'exploitation + Plateforme permanente + Aire de retournement + RD203	78,5 ha	78,5 x 1/10 = 7,85	7,85
E8	Zone agricole + Chemins d'accès + Chemins d'exploitation + Plateforme permanente + Aire de retournement	78,5 ha	78,5 x 1/10 = 7,85	7,85

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. Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- ***Zone agricole (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha ;***
- ***Chemin d'exploitation et chemin d'accès (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;***
- ***Plateformes permanentes et aire de retournement (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;***
- ***Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) et route communale : 1 personne par tranche de 10 ha ;***
- ***Chemins de randonnées : 2 personnes/1 km / 100 promeneurs par jour en moyenne.***

Pour simplifier l'analyse, dans le cas où l'occupation du sol est différente pour une même éolienne, nous ne différencierons pas les éléments (sauf pour les chemins de randonnées) et nous classerons donc les champs et les prairies en terrains aménagés mais peu fréquentés (catégorie la plus majorante quant aux victimes potentielles), donc 1 personne par tranche de 10 ha. Cette hypothèse est majorante vis-à-vis du comptage du nombre de victimes potentielles.

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

Tableau 54 : Gravité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale »

Projection de pale ou de fragments de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
E1	8,79	Sérieux
E2	10,65	Important
E3	9,38	Sérieux
E4	7,85	Sérieux
E5	7,85	Sérieux
E6	7,85	Sérieux
E7	7,85	Sérieux
E8	7,85	Sérieux

La gravité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale » est qualifiée de « Sérieux » pour les éoliennes E1, E3, E4, E5, E6, E7 et E8 et « Important» pour l'éolienne E2.

8.2.4.4 - *Probabilité*

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

Tableau 55 : Probabilité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale »

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

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

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

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

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

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

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

8.2.4.5 - *Acceptabilité*

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

Tableau 56 : Acceptabilité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale »

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

Ainsi, pour le parc éolien de la Plaine du Tors, le phénomène de projection de tout ou partie de pales des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.5 - Projection de glace

8.2.5.1 - *Zone d'effet*

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [15] en Annexe 6 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 :

$$\boldsymbol{Distance\ d'effet = 1,5 * \left(hauteur_{moyeu} + diamètre_{rotor}\right)}$$

Soit : 313,5 m pour le gabarit d'éolienne maximaliste

Cette distance de projection est jugée conservative dans des études postérieures (cf. référence [17] en Annexe 6). A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

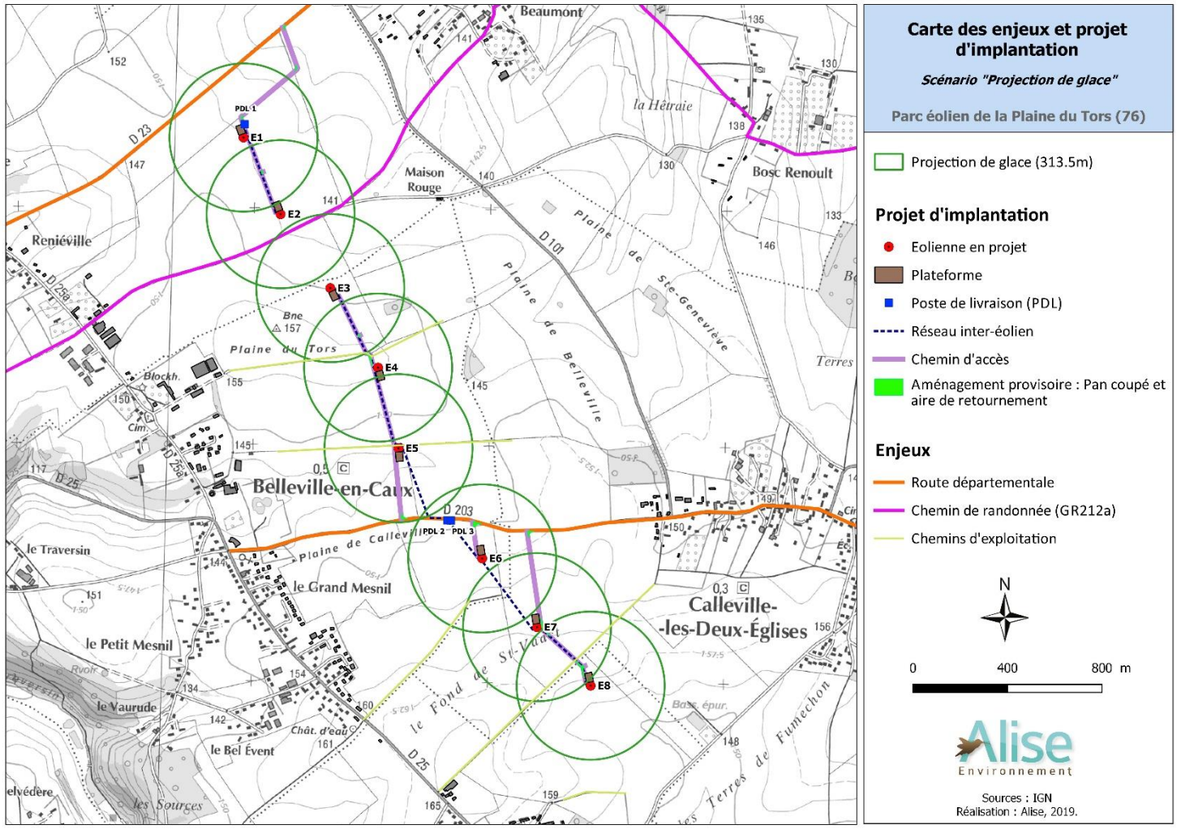


Figure 38 : Carte des enjeux et projet d'implantation – Scénario « Projection de glace »

8.2.5.2 - *Intensité*

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien de la Plaine du Tors :

- d : le degré d'exposition,
- Z_I : la zone d'impact,
- Z_E : la zone d'effet,
- D : le diamètre du rotor (D = 117 m),
- H : la hauteur au moyeu (H = 92 m),
- SG : la surface majorante d'un morceau de glace.

Tableau 57 : Intensité du phénomène « Projection de morceaux de glace » - Gabarit d'éolienne maximaliste

Projection de morceaux de glace – Gabarit d'éolienne maximaliste (dans un rayon de R_{PG} = 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
$Z_I = SG$ Z_I = 1 m²	$Z_E = \pi$ x (1,5*(H_{moyeu}+D)) ² Z_E = 308 763 m²	d = (Z_I / Z_E) d = 3,24.10^{-4} (< 1 %)	Exposition modérée

La zone d'impact est donc de 1 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 308 763 m² <u>soit 30,9 ha</u> pour le gabarit d'éolienne maximaliste.

8.2.5.3 - *Gravité*

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3 -, page 66, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

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

Il a été observé dans la littérature disponible (cf. référence [17] en Annexe 6) 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 le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Projection de glace ».

Tableau 58 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Projection de glace »

Eolienne	Occupation du sol	Surface (ha) de la zone d'effet	Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes*	Total équivalent personnes permanentes
E1	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente + Aire de retournement + RD23	30,9 ha	30,9 x 1/10 = 3,09	3,09
E2	Zone agricole + Chemins d'accès + Plateforme permanente + Aire de retournement +route communale	30,9 ha	30,9 x 1/10 = 3,09	4,33
	Chemins de randonnée	618 m	2 x 0,618 = 1,24	
E3	Zone agricole + Chemins d'accès + chemins d'exploitation + Plateforme permanente + Aire de retournement	30,9 ha	30,9 x 1/10 = 3,09	3,57
	Chemins de randonnée	240 m	2 x 0,240 = 0,480	
E4	Zone agricole + Chemins d'accès + Chemins d'exploitation + Plateforme permanente + Aire de retournement	30,9 ha	30,9 x 1/10 = 3,09	3,09
E5	Zone agricole + Chemins d'accès + Chemins d'exploitation + Plateforme permanente + RD203	30,9 ha	30,9 x 1/10 = 3,09	3,09
E6	Zone agricole + Chemins d'accès + chemins d'exploitation + Plateforme permanente + Aire de retournement + RD203	30,9 ha	30,9 x 1/10 = 3,09	3,09
E7	Zone agricole + Chemins d'accès + Chemins d'exploitation + Plateforme permanente + Aire de retournement	30,9 ha	30,9 x 1/10 = 3,09	3,09
E8	Zone agricole + Chemins d'accès + Chemins d'exploitation + Plateforme permanente + Aire de retournement	30,9 ha	30,9 x 1/10 = 3,09	3,09

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. Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- ***Zone agricole (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha ;***
- ***Chemin d'exploitation et chemin d'accès (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;***
- ***Plateformes permanentes et aire de retournement (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;***
- ***Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) et route communale : 1 personne par tranche de 10 ha ;***
- ***Chemins de randonnées : 2 personnes/1 km / 100 promeneurs par jour en moyenne.***

Pour simplifier l'analyse, dans le cas où l'occupation du sol est différente pour une même éolienne, nous ne différencierons pas les éléments (sauf pour les chemins de randonnées) et nous classerons donc les champs et les prairies en terrains aménagés mais peu fréquentés (catégorie la plus majorante quant aux victimes potentielles), donc 1 personne par tranche de 10 ha. Cette hypothèse est majorante vis-à-vis du comptage du nombre de victimes potentielles.

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

Tableau 59 : Gravité du phénomène « Projections de morceaux de glace »

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R_{PG} = 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne)		
Eolienne	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
E1	3,09	Sérieux
E2	4,33	Sérieux
E3	3,57	Sérieux
E4	3,09	Sérieux
E5	3,09	Sérieux
E6	3,09	Sérieux
E7	3,09	Sérieux
E8	3,09	Sérieux

La gravité du phénomène « Projection de morceaux de glace » est qualifiée de « Sérieux » pour l'ensemble des éoliennes.

8.2.5.4 - *Probabilité*

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

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

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

8.2.5.5 - *Acceptabilité*

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

Tableau 60 : Acceptabilité du phénomène « Projection de morceaux de glace »

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

Ainsi, pour le parc éolien de la Plaine du Tors, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

L'éolienne retenue permettra de détecter ou de déduire la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine. Des panneaux type "Attention, chute de glace" seront mis en place sur le chemin d'accès de chaque éolienne pour prévenir du danger.

8.3 - SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

8.3.1 - Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

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

Tableau 61 : Synthèse des scénarios étudiés

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité	Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Exposition forte	D (pour des éoliennes récentes)	Sérieux pour E1, E3, E4, E5, E6, E7 et E8	Acceptable
					Important pour E2	Acceptable
Chute de glace	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	A sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modéré pour toutes les éoliennes	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Exposition forte	C	Sérieux pour toutes les éoliennes	Acceptable
Projection de pales ou fragments de pales	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	Sérieux pour E1, E3, E4, E5, E6, E7 et E8	Acceptable
					Important pour E2	Acceptable
Projection de glace	1,5 x (H + D) autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Sérieux pour toutes les éoliennes	Acceptable

***H** : la hauteur au moyeu (H = 92 m)*

***D** : le diamètre du rotor (D= 117 m)*

8.3.2 - Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

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

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		Eff/PrP (E2)			
Sérieux		Eff/PrP (E1, E3, E4, E5, E6, E7 et E8)	ChE	PrG	
Modéré					ChG

Légende de la matrice :

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

Eff : Effondrement de l'éolienne
ChG : Chute de glace
ChE : Chute d'éléments de l'éolienne
PrP : Projection de pale ou fragments de pale
PrG : Projection de glace

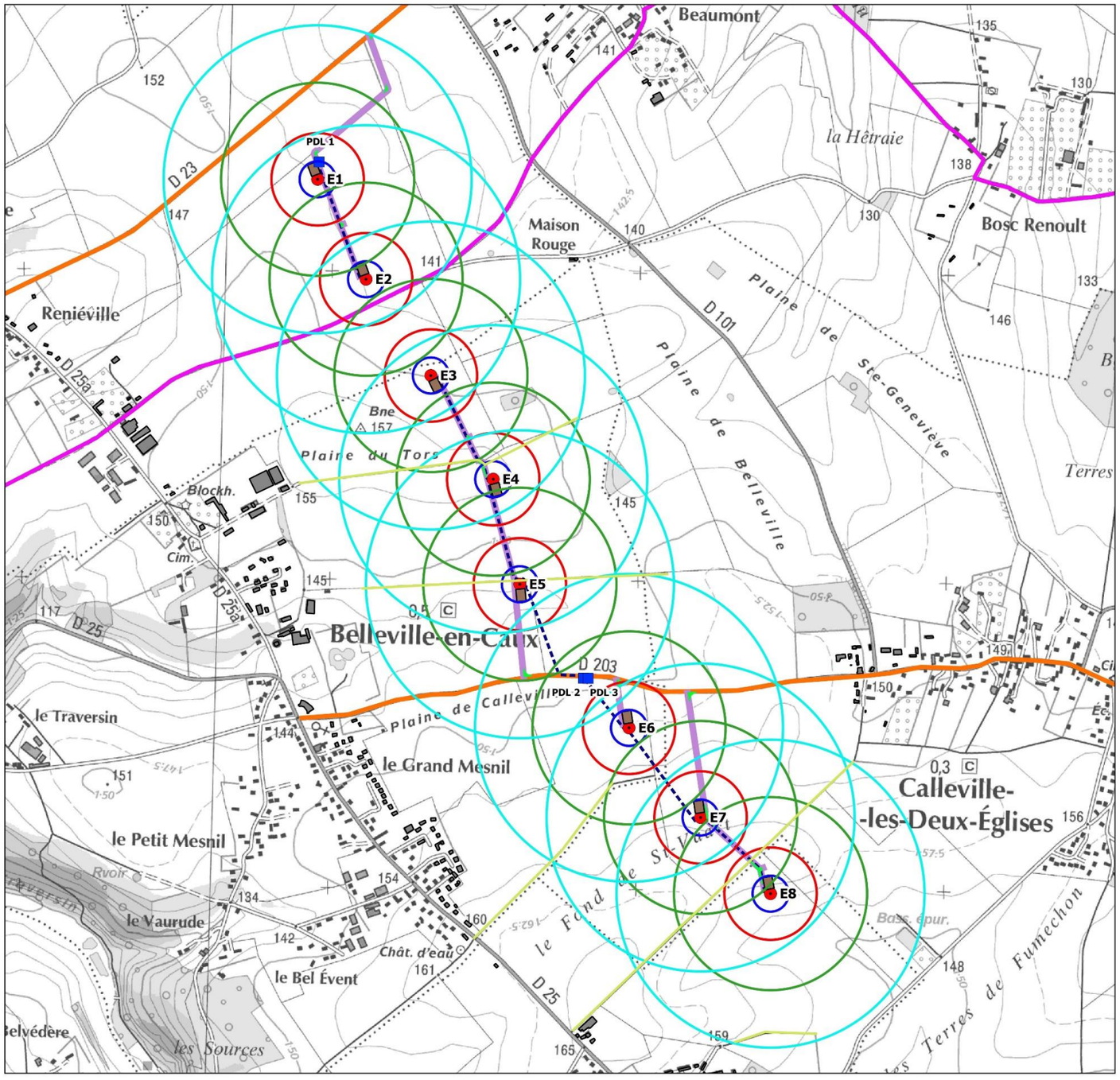
Au regard de la matrice ainsi complétée, aucun accident n'apparaît dans les cases rouges. Tous les accidents figurent en case verte ou jaune, c'est-à-dire que le risque d'accidents présente un niveau acceptable.

Pour les scénarios « Effondrement de l'éolienne » et « Projection de pale ou fragments de pale », le risque est très faible pour les éoliennes E1, E3, E4, E5, E6, E7 et E8. Il est jugé faible pour l'éolienne E2.

Pour l'ensemble des éoliennes, le risque est jugé faible pour les scénarios « Chute d'éléments de l'éolienne », « Chute de glace », et « Projection de glace ». Ces scénarios d'accident doivent faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible.

Ainsi, l'éolienne retenue sera équipée d'un dispositif permettant de détecter la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine ou d'éviter sa mise en fonctionnement après une période d'arrêt. Des panneaux type « Attention, chute de glace » seront mis en place au pied de chaque éolienne pour prévenir du danger.

La carte de synthèse ci-après présente les zones d'effets les plus importants pour les cinq phénomènes étudiés (Effondrement de l'éolienne, Chute de glace, Chute d'éléments de l'éolienne, Projection de pale ou fragments de pale, Projection de glace).



Carte de synthèse des enjeux et des zones d'effet

Parc éolien de la Plaine du Tors (76)

Projet d'implantation

- Eolienne en projet
- Plateforme
- Poste de livraison (PDL)
- Réseau inter-éolien
- Chemin d'accès
- Aménagement provisoire : Pan coupé et aire de retournement

Enjeux

- Route départementale
- Chemin de randonnée (GR212a)
- Chemins d'exploitation

Zones d'effet

- Chute de glace
  Chute d'éléments de l'éolienne
- Effondrement de l'éolienne
- Projection de glace
- Projetction de pale ou morceaux de pale

N

0 400 800 m

Source : IGN
Réalisation : Alise, 2019.

Figure 39 : Carte de synthèse des enjeux et des zones d'effet du projet du parc éolien de la Plaine du Tors

9 - MOYENS D'INTERVENTIONS ET DE LIMITATION DES CONSEQUENCES DES DANGERS

9.1 - MOYENS INTERNES

9.1.1 - Organisation en cas de dysfonctionnement

La surveillance du bon fonctionnement de l'installation est assurée par l'intermédiaire du système de contrôle avec transmission à distance des informations. Les informations issues des capteurs peuvent conduire à une alarme sur les écrans de surveillance mais également, dans certains cas, à la mise à l'arrêt de la turbine. Les unités de surveillance sont opérationnelles 24h/24.

Les personnels de maintenance sont informés par téléphone des anomalies de la machine et peuvent ainsi intervenir afin d'assurer les réparations et remettre celle-ci en service.

Dès que le dysfonctionnement détecté est susceptible d'avoir des conséquences sur la sécurité (mise en arrêt, déclenchement de la détection incendie,…), l'information est immédiate afin que l'intervention se fasse le plus rapidement possible.

Les détecteurs incendie sont placés au voisinage des principaux composants électriques et permettent, en cas de détection :

- d'arrêter l'éolienne,
- d'émettre une alarme sonore afin d'informer les éventuelles équipes de maintenance en cours d'intervention dans l'éolienne,
- d'émettre une alarme informant l'exploitant du parc et le constructeur de l'éolienne de la survenance de l'incendie, ce qui peut lui permettre d'informer les services de secours.

En cas de déclenchement de la détection d'incendie, le responsable régional est informé (hors heures ouvrables, il est informé sur son téléphone mobile) afin de se rendre sur place et de coordonner l'action des équipes d'intervention.

La détection des accidents peut également être faite par des personnels externes (détection visuelle d'un incendie ou de la chute d'une partie de pale par des personnes du public par exemple), le constructeur de l'éolienne en est informé par l'intermédiaire le plus souvent de l'exploitant du parc. En complément d'une équipe de techniciens en charge d'assurer les interventions, la société dépêche sur site une équipe technique chargée d'analyser les causes de l'accident et éventuellement en première urgence d'assister les secours externes.

Les enseignements retirés des anomalies ou des accidents constatés sont pris en compte pour éviter le renouvellement de ces dysfonctionnements.

9.1.2 - Moyens matériels

L'accident principal nécessitant une action rapide et immédiate est avant tout l'incendie en nacelle ou en pied de mât.

Vis-à-vis de ce risque, l'installation est équipée de détecteurs d'incendie, de type détecteur de fumée qui, lors de leur déclenchement, conduisent à la mise en arrêt de la machine. Des détecteurs de température disposés dans la nacelle conduisent à des actions similaires.

L'éolienne est équipée d'extincteurs (1 dans la nacelle et 1 en pied de tour) qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance).

Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabriquant du matériel ou un organisme extérieur agréé.

9.1.3 - Moyens humains

Les moyens humains en cas d'accident sont constitués des personnels d'intervention (agents de maintenance) renforcés le cas échéant de personnels techniques chargés d'assister les secours externes lors de l'intervention et d'analyser les causes de la défaillance.

9.2 - MOYENS EXTERNES

En cas d'incendie sur le parc éolien, le personnel d'astreinte de l'unité de surveillance est en mesure de transmettre l'alerte au service de secours le plus proche 24h sur 24, 7 jours sur 7.

Le temps de réponse pour l'enclenchement de l'alarme suite à la détection d'un incendie est < 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.

Le temps d'intervention des services de secours quant à lui dépend de la zone géographique. En cas d'incendie, en 1er appel, le Centre d'Incendie et de Secours intervenant est celui de Tôtes qui se trouve à environ 5,1 km du site du projet par les routes départementales D25 et D929.

Ce centre de secours dispose des moyens d'assurer les missions d'incendie et de secours d'urgence aux personnes (notamment de fourgons pompe tonne, de véhicules échelle, de dévidoirs auto-mobile). Ils peuvent être renforcés en 2ème appel par d'autres Centres d'Incendie et de Secours Saint-Laurent-en-Caux, Auffay, etc..

En cas d'alerte, la *procédure d'intervention sur Installation Classée pour la Protection de l'Environnement* serait lancée.

Les coordonnées des services de secours les plus proches sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 62 : Coordonnées des services de sécurités et de secours publics ou privés

SERVICE	ADRESSE	TELEPHONE
Gendarmerie Nationale	Rue du Général Leclerc 76890 Tôtes	17 02 35 32 91 13
Pompiers	Centre d'Incendie et de Secours 112 Rue du Général Leclerc 76890 Tôtes	18 02 35 32 91 34
Pompiers	Centre d'Incendie et de Secours Rue du stade 76560 Saint-Laurent-en-Caux	18 02 35 56 50 79
Ambulances	Tôtes Ambulances Taxi 38 Rue Guy de Maupassant 76890 Tôtes	02 35 32 82 29
Centre hospitalier	Centre hospitalier de Lillebonne 1, rue Haemers 76190 Yvetot	02 32 70 47 80

10 - CONCLUSION

La présente étude de dangers a été réalisée dans le cadre du projet éolien de la Plaine du Tors situé sur les communes de Belleville-en-Caux, Calleville-les-Deux-Eglises, Saint-Vaast-du-Val et Val-de-Saâne dans le département de la Seine-Maritime.

Elle a permis de mettre en évidence les dangers que peut présenter l'installation en cas d'accident d'origine externe (risques liés à l'environnement du site du projet) ou interne (dysfonctionnement des machines, problème technique,…).

Même s'ils ne peuvent être totalement écartés, les risques d'origine externe sont minimes car le site du projet ne présente pas de dangers particuliers. Il est en dehors des zones concernées par des risques naturels ou anthropiques majeurs.

Après avoir analysé les risques d'accidents susceptibles de survenir et leurs causes, l'étude de dangers a permis d'évaluer :

- l'intensité de ces accidents exprimée en fonction d'une distance par rapport à l'éolienne et les conséquences possibles dans l'environnement du site ;
- les niveaux de probabilité selon une échelle graduée de E (extrêmement rare) à A (courant).

Chaque phénomène dangereux présenté par le projet de parc éolien a été analysé en croisant son niveau de gravité avec sa probabilité. Il en résulte une représentation graphique qui présente trois parties (cf. figure ci-contre) :

- Zone en rouge : zone de risque important ⇔ accidents « inacceptables » susceptibles d'engendrer des dommages sévères à l'intérieur et hors des limites du site
- Zone en jaune : zone de risque faible. Les accidents situés dans cette zone doivent faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue 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 ⇔ zone ALARP (As Low As Reasonably Practicable)
- Zone en vert : zone de risque très faible ⇔ accidents qui ne nécessitent pas de mesures de réduction du risque supplémentaires

Le tableau suivant présente la matrice de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus :

Tableau 63 : Hiérarchisation des phénomènes dangereux

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		Eff/PrP (E2)			
Sérieux		Eff/PrP (E1, E3, E4, E5, E6, E7 et E8)	ChE	PrG	
Modéré					ChG

Légende de la matrice :

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

Eff : Effondrement de l'éolienne
ChG : Chute de glace
ChE : Chute d'élément de l'éolienne
PrP : Projection de pales ou fragments de pales
PrG : Projection de glace

Le tableau suivant présente le niveau d'acceptabilité des risques potentiels du projet éolien de la Plaine du Tors :

Tableau 64 : Niveau d'acceptabilité des risques

Scénario	Acceptabilité	
Effondrement de l'éolienne	Acceptable pour E1, E3, E4, E5, E6, E7 et E8	Acceptable pour E2
Chute de glace	Acceptable	
Chute d'élément de l'éolienne	Acceptable	
Projection de pales ou fragments de pales	Acceptable pour E1, E3, E4, E5, E6, E7 et E8	Acceptable pour E2
Projection de glace	Acceptable	

Au regard de la matrice présentée ci-dessus, aucun accident n'apparaît dans les cases rouges. Autrement-dit, tous les accidents figurent en case verte ou jaune et présentent donc un niveau acceptable.

Pour les scénarios « Effondrement de l'éolienne » et « Projection de pale ou fragments de pale », le risque est très faible pour les éoliennes E1, E3, E4, E5, E6, E7 et E8. Il est jugé faible pour l'éolienne E2.

Pour les scénarios « Chute d'éléments de l'éolienne », « Chute de glace », et « Projection de glace », pour l'ensemble des éoliennes, le risque est jugé faible

Les scénarios « Chute de glace » et « Chute d'élément de l'éolienne » apparait en jaune dans la matrice de criticité pour toutes les éoliennes. Le niveau de risque est faible. Ces scénarios d'accident doivent faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible.

L'industrie éolienne a connu ces dernières années un fort développement qui a permis d'améliorer les technologies mises en œuvre pour tirer le meilleur parti de la puissance du vent. En parallèle, les constructeurs ont également travaillé sur les dispositifs permettant de limiter les dysfonctionnements des machines et donc les périodes d'arrêt. Ces évolutions ont également concerné le renforcement de la sécurité des machines.

Les éoliennes qui seront installées sur le site du projet bénéficieront des dernières technologies permettant de prévenir les dysfonctionnements et de limiter les risques d'incident ou d'accident.

De plus, les fabricants d'éoliennes ont mis en place une procédure de suivi des incidents et accidents survenant sur leurs machines avec analyse des causes, ce qui permet une amélioration constante de la sécurité des parcs éoliens. L'analyse du retour d'expérience par les fabricants est à l'origine de la généralisation de procédure de sécurité et de nombreuses innovations permettant de réduire la probabilité d'accident ou de prévenir les dangers.

L'éolienne retenue permettra de détecter ou de déduire la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine. Des panneaux type "Attention, chute de glace" seront mis en place sur le chemin d'accès de chaque éolienne pour prévenir du danger.

11 - ANNEXES A L'ETUDE DE DANGERS

- Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne
- Annexe 2 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques
- Annexe 3 : Probabilité d'atteinte et risque individuel
- Annexe 4 : Analyse des accidents survenus en France
- Annexe 5 : Glossaire
- Annexe 6 : Bibliographie et références utilisées

11.1 - ANNEXE 1 – METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE

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

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

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

Dans le cadre de cette étude de dangers, une posture conservatoire a été adoptée en prenant comme base de calcul la catégorie de terrain la plus majorante quant aux victimes potentielles.

11.1.1 - 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.

11.1.2 - 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.

11.1.2.1 - *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 × 0,5 × 20 000/100 = 40 personnes.

Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic

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

11.1.2.2 - *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.

11.1.2.3 - *Voies navigables*

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

11.1.2.4 - *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.

11.1.3 - Logements

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

11.1.4 - 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.

11.1.5 - 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.

11.2 - ANNEXE 2 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE 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).

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

11.2.1.1 - *Scénario G01*

En cas de formation de glace, les systèmes de préventions intégrés mettront les pales en drapeau. 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 ou de déduction de glace,
- Arrêt préventif en cas de vibration anormale de la nacelle due à un déséquilibre du rotor,
- Arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre,
- Arrêt préventif en cas de déviation de la courbe de puissance.

11.2.1.2 - *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.

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- Déclenchement au niveau du rotor du code de freinage d'urgence, entrainant 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 dangers une description des protocoles qui seront mis en place en cas de pertes d'utilités.

11.2.3 - 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,…).

11.2.3.1 - *Scénario F01*

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant..., il peut y avoir une fuite d'huile, 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.

11.2.3.2 - *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.

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

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

Les scénarios 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.

11.2.5 - Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P03)

Les événements principaux susceptibles de conduire à la rupture totale ou partielle de la pale sont liés à trois 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).

11.2.5.1 - *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.

11.2.5.2 - *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

11.2.5.3 - *Scénario 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.

11.2.6 - 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, …

11.3 - ANNEXE 3 – 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 :

$$P_{accident} = P_{ERC} * P_{orientation} * P_{rotation} * P_{atteinte} * P_{présence}$$

Où :

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

$P_{orientation}$ = 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),

$P_{présence}$ = 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	5.10^{-2}	5.10^{-2} (A)
Chute d'éléments	10^{-3}	$1{,}8.10^{-2}$	$1{,}8.10^{-5}$ (D)
Projection de tout ou partie de pale	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Projection de morceaux de glace	10^{-2}	$1{,}8.10^{-6}$	$1{,}8.10^{-8}$ (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.

11.4 - ANNEXE 4 – ANALYSE DES ACCIDENTS SURVENUS EN FRANCE

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	VESTAS V39	0,5	1993	N	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	WINDMASTER WM43/750	0,75	1998	N	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	TURBOWINDS T400-34	0,4	1997	N	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle - Sigean	Aude	GAMESA G47	0,66	2000	O	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour caractériser la partie haute d'un transformateur 690V/20 kV 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	Non utilisable
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	GAMESA G52/850	0,85	2002	O	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)	
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	WINDMASTER WM43/750	0,75	1998	N	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	WINDMASTER WM43/750	0,75	1998	N	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur **100m**.	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	LAGERWEY LW750-52	0,75	2002	N	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	WINDMASTER 300 kW	0,3	1996	N	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micro-pieux 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)	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	WINDMASTER WM28/300	0,3	2001	N	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)	Nota : cet incident s'est produit 2 fois à 15 jours d'intervalle)
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	WINDMASTER WM28/300	0,3	2001	N	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)	Nota : cet incident s'est produit 2 fois à 15 jours d'intervalle)
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	JEUMONT J48/750	0,75	2003	N	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	
Rupture de pale	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	JEUMONT J48/750	0,75	2004	N	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	ATTENTION : projection de pale + incendie !
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	TURBOWINDS T400-34	0,4	1997	N	Bris de pale		Site Vent de Colère	
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	WINDMASTER WM28/300	0,3	2004	N	Chute d'une pale de 20m 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	GAMESA G47	0,66	2001	O	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	LAGERWEY LW80-18	0,08	1993	N	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137 Km/h)	Article de presse (La Voix du Nord)	
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	GE 1.5sl	1,5	2005	O	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	Non utilisable (incident pendant un chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Marne	VESTAS V47/660	0,66	2005	N	Rupture d'un morceau de pale de 4m et éjection à plus de **200m** de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED	Défaut de fabrication. Attention, les bouts de pales ne sont pas partis à plus de 80 m de la turbine
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	SIEMENS SWT 1.3	1,3	2007	N	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	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	WINDMASTER WM28/300	0,3	2002	N	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable d'un point de vue statistique (événement unique, sans répercussion sur les tiers)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	ENERCON E66/2000	2	2004	O	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessan-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)	Non utilisable
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	GAMESA G90	2	2007	O	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse Française d'Eoliennes - Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	GAMESA	2	2006	O	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	GAMESA G90	2	2007	O	Chute de pale		Communiqué de presse Française d'Eoliennes Article de presse (l'Est Républicain)	
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	NEG-MICON NM92	2,75	2004	O	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Non utilisable
Rupture de pale	08/06/2009	Bolléne	Vaucluse	NORDEX N90	2,3	2009	O	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable pour les projections ou les chutes (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	GAMESA G80/2000	2	2006	O	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Site FED	
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	VESTAS V80/2000	2	2005	O	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	Problème sur armoire électrique
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	Bonus B23 / SIEMENS	0,3	1993	N	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Non utilisable
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	Vestas V25	0,2	1991	N	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 entrainant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	JEUMONT J48/750	0,75	2004	N	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tpm	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	ENERCON E70	2,3	2010	O	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	Non utilisable
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)	Non utilisable
Rupture de pale	14/12/2011			NORDEX N80	2,5	2003	O	Pale endommagée par la foudre. Fragments de pales retrouvés par l'exploitant à une distance n'excédant pas 300 m	Foudre	Constructeur - Mainteneur	Distance évaluée par l'exploitant qui a collecté les fragments. A mesurer plus précisément sur site.
Incendie	03/01/2012			NORDEX N90	2,3	2006	O	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 tenté d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Constructeur - Mainteneur	Le feu ne s'est pas propagé dans l'éolienne (les pneus introduits dans l'éolienne n'ont pas brûlé)
Rupture de pale	04/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	JEUMONT J48/750	0,75	2000	N	Bris d'une pale, dont des fragments ont pu être projetés jusqu'à **200 m** environ.	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant Base de données ARIA	-
Chute d'une pale d'éolienne	11/04/2012	Sigean	Aude	VESTAS V47	0.66	1991	N	Bris d'une pale, dont un fragment a été projeté à 20 m environ.	Impact de foudre	Base de données ARIA	-
Chute d'une pale d'éolienne	18/05/2012	Fresnay-L'Evêque	Eure-et-Loir	REPOWER MM92	2	2008	O	Chute de pale au pied de l'éolienne	Corrosion dans les trous d'alésages, qui proviendrait des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement.	Base de données ARIA	-
Chute d'une éolienne	30/05/2012	Port la Nouvelle	Aude	-	0.2	1991	N	Chute d'une éolienne	Rafales de vent à 130 km/h	Base de données ARIA	-
Chute d'un élément d'une pale d'éolienne	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	NORDEX N90	2.5	2011	O	Un élément de 400g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât	-	Base de données ARIA	-

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Incendie	05/11/2012	Sigean	Aude	VESTAS V47	0.66	1991	N	Un feu se déclare sur une éolienne. Des projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante. Une pale chute.	Un feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne. Un dysfonctionnement de disjoncteur a entrainé la propagation de courants de court-circuit.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	GAMESA G58	0.85	2008	O	A la suite d'un défaut de vibration, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Le lendemain, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des trois pales qui s'est décroché avant de percuter le mât.	Défaut de vibration.	Base de données ARIA	-
Incendie	17/03/2013	Euvy	La Marne	GE Energy GE 100	2,5	2011	O	Un feu s'est déclaré dans la nacelle d 'une éolienne. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. 450 l d'huile s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols.	Au moment du départ du feu, le vent soufflait à 11m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale. La gendarmerie évoque une défaillance électrique.	Base de données ARIA	-
Pale et réseau électrique endommagé	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	Ardèche	ENERCON E44/900	0,9	2009		Un impact de foudre endommage une éolienne : une pâle est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées.	Impact de foudre (impact enregistré le plus proche de l'éolienne au moment de l'orage est donné avec une intensité de 94 kA)	Base de données ARIA	-
Projection d'un équipement	01/07/2013	Cambon-et-Salvergues	Hérault	ENERCON E70	1,3	2006	O	Alors qu'il vient de faire l'appoint en gaz d'un cylindre sous pression faisant partie du dispositif d'arrêt d'urgence des pales d'une éolienne, un technicien de maintenance démonte l'embout d'alimentation vissable. 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.	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.	Base de données ARIA	-
Maintenance	03/08/2013	Moréac	Morbihan	GAMESA G90/2000	2,0	2010	O	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique.	-	Base de données ARIA	-
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	NORDEX N100/2500	2,5	2013	O	Un feu se déclare au niveau de la partie moteur d'une éolienne.	Incident électrique ?	Base de données ARIA	-

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	GAMESA G47/660	0,66	2000	N	Chute d'une pale de 20 m au pied du mât d'une éolienne	Lors de l'accident le vent soufflait entre 18 m/s et 22 m/s. Des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée « alu ring », située à la base de la pale.	Base de données ARIA	-
Chute de pale	14/11/2014	St-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	SENVION MM8/2050	2,05	2011	O	Chute de pale au pied de l'éolienne lors d'un orage et de vents violent. Des débris sont projetés à 150 m	Lors de l'accident, des rafales de vent atteignaient les 130 km/h.	Base de données ARIA	-
Chute d'un morceau de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	NORDEX N60/1300	1,3	2006	O	Chute d'une partie de l'aérofrein à 80 m du mât de l'éolienne	Défaillance matérielle ou décollage sur les plaques en fibre de verre	Base de données ARIA	-
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aisne	SIEMENS SWT-2-3-101/2300	2,3	2015	O	A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée.	Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie.	Base de données ARIA	-
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	ENERCON E82/2000	2,0	2011	O	Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.	-	Base de données ARIA	-
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loir	NORDEX N90/2300	2,3	2005	O	Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur	Origine accidentelle	Base de données ARIA	-
Chute des pales et du rotor d'une éolienne	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	REPOWER MD 77	1,5	2007	O	Vers 22h30, les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé.	Défaillance de l'arbre lent qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice	Base de données ARIA	-
Chute de pale	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	ENERCON E70-2300	9,2	2014	O	L'aérofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol.	Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérofrein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérofrein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu.	Chute de pale	07/02/2016
Chute de pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	WINDMASTER WM28/300	1,2	2002	N	Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire	Tempête (vents de 160 km/h)	Chute de pale	08/02/2016

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Chute de pale	07/03/2016	La Lande du Vieux Pavé	Côtes-d'Armor	GAMESA G58/850	0,85	2009	N	Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Il balise la zone pour prévenir des chutes possibles d'éléments du rotor. 8 autres turbines du parc sont mises à l'arrêt. Les 2 dernières, ayant fait l'objet d'une révision intégrale récente, sont maintenues en fonctionnement.	L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale.	Base de données ARIA	
Fuite d'huile	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loir	NORDEX N90/2300	2,3	2005	N	À 15h15, un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Il arrête celle-ci et contacte l'équipe de maintenance. Arrivés à 17 h, les agents mettent en place des absorbants. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol. L'installation est réparée 2 jours plus tard. L'exploitant engage une campagne de remplacement des raccords identiques du parc.	La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite.	Base de données ARIA	
Incendie	10/08/2016	Hescamps	Somme	WINWIND WWD-1-64	1,0	2008	N	Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers. Il redescend seul les 70 m de l'échelle intérieure de l'éolienne. Il est légèrement intoxiqué par les fumées. Les pompiers contrôlent l'extinction complète et procèdent à la ventilation.	Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.	Base de données ARIA	
Incendie	18/08/2016	Dargies	Oise	ENERCON E82/2000	2,0	2014	O	Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate vers 9 h qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut.	Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ.	Base de données ARIA	
Maintenance	14/09/2016	Plaine Auboise	Aube	SIEMENS SWT-2.3-93	2,3	2009	N	Un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne.	-	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Fissure sur une pale d'éolienne	11/01/2017	Le Quesnoy	Nord	Senvion MM92/2050	2,05	2010	-	Une fissure est constatée sur une pale d'une éolienne. L'exploitant arrête l'installation. L'expertise de la pale conclut que le dommage est suffisamment réduit pour être réparable. Il n'est donc pas nécessaire de procéder à son remplacement. L'exploitant envisage d'effectuer cette réparation au printemps, lorsque les conditions météorologiques permettront d'intervenir sans la déposer. Selon l'exploitant, le défaut ne présente pas de caractère générique.	-	Base de données ARIA	
Rupture des pales	12/01/2017	Tuchan	Aude	N43/600	0,6	2001	-	Vers 4 h, au cours d'un épisode de vents violents, les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. L'exploitant collecte les morceaux de fibre de carbone répartis autours du mat de 40 m de l'éolienne. Des impacts sur le mat sont visibles. Il met en place des barrières et un gardiennage pour en sécuriser l'accès.	Après expertise, l'exploitant conclut que la cause la plus probable de la casse de l'arbre lent est un endommagement du roulement avant sur lequel l'arbre est posé. Cette défaillance aurait induite une contrainte importante en flexion sur la partie arrière, à l'entrée dans le multiplicateur, provoquant sa rupture. Aucune faiblesse n'est identifiée dans la structure de la matière de l'arbre. Les contrôles réalisés sur les autres installations de son parc ne détectent pas d'anomalie	Base de données ARIA	
Chute de pale	18/01/2017	Nurlu	Somme	Gamesa G90/2000	2,0	2010	-	Un particulier constate qu'une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux. Il informe l'exploitant qui arrête toutes les machines du parc en activité. Arrivés sur site à 11h30, des agents demandent la mise en sécurité de l'éolienne et mettent en place un périmètre de sécurité autour de la zone.	Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute.	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Rupture d'une pale d'éolienne	27/02/2017	Le Grand Linault	Les Deux-Sèvres	Gamesa G90/2000	2,0	2011		Vers 22 h, le système d'exploitation d'un parc éolien émet des alarmes portant sur l'éolienne n°4 : mise à l'arrêt de l'éolienne et incohérence entre les vitesses de rotation du rotor et de l'arbre de la génératrice électrique. Le lendemain matin, l'exploitant constate sur place que les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, haut lui-même de 78 m. L'exploitant place les 4 éoliennes du parc en position de sécurité et initie des expertises. Il collecte les débris et sécurise le site.	L'expertise du fabriquant conclut à un défaut de fabrication. Par erreur, les couches de tissu du bord d'attaque ont été coupées, manuellement, niveau de la ligne de jonction des 2 coques lors des opérations de ponçage des excès de colle après démoulage de la pale. Dans cette zone, les coques n'étaient maintenues entre elles que par le mastic et la peinture de finition.	Base de données ARIA	
Rupture de pale	27/02/2017	Belrain	Meuse	Gamesa G90/2000	2,0	2011		Lors d'un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne. L'ensemble du parc éolien, qui compte 4 éoliennes de 2 MW et 80 m de haut, est mis à l'arrêt. Les débris sont ramassés et traités par une société spécialisée, pour expertise.	Le fabricant de l'éolienne réalise l'expertise de la pale. Ses vérifications lui permettent d'exclure un défaut de fabrication et de confirmer le respect des spécifications. L'hypothèse d'un impact de foudre est également écartée : aucune trace d'impact n'est retrouvée. Une rafale de vent extrême ayant été mesurée dans les secondes précédant la rupture, cette origine est privilégiée pour expliquer la casse de la pale. Le contrôle de 2 autres éoliennes du parc ne révèlent pas de défaut.	Base de données ARIA	
Incendie	06/06/2017	Le parc du Moulin d'Emanville	Sarthe	VESTAS V112	3,0	2014	-	Vers 18 h, un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant met en sécurité les 17 machines du parc éolien. Les secours coupent la circulation sur la N154. L'incendie s'éteint seul, à la fin de la combustion de la nacelle, vers 19h30. La nacelle et le rotor sont totalement calcinés. Une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés par l'incendie. Des éléments sont tombés au sol. L'exploitant met en place un gardiennage.	En première hypothèse, l'exploitant indique qu'un défaut des condensateurs du boitier électrique, situé dans la nacelle, pourrait être à l'origine du sinistre. Il exclut la piste d'un impact de foudre.	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Chute de pale	08/06/2017	Parc éolien d'Aussac-Vadalle	Charente	GAMESA G90/2000	2,0	2010		Durant la nuit lors d'un orage, une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol. Le lendemain matin, l'exploitant arrête les 4 éoliennes de son parc. Il collecte les débris tombés dans une zone de 50 à 100 m du mât et met en place un balisage. Il avertit l'exploitant agricole propriétaire du champ où est installée l'éolienne.	L'expertise réalisée par le fabriquant de la pale conclut qu'un impact de foudre est à l'origine de sa rupture. Survenu à 35 cm de l'extrémité, il a entraîné la rupture du bord de fuit, puis une déchirure du fragment. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut.	Base de données ARIA	
Chute de pale	24/06/2017	Tambours	Pas-de-Calais	ECOTECNIA 80 1.6	1,6	2007		Vers 23h30, une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor dans un parc éolien. La pale chute à la verticale, au pied du mat. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m. L'exploitant arrête l'installation ainsi que les 4 autres aérogénérateurs du site, du même modèle. Il met en place un périmètre de sécurité et condamne l'accès au site.	-	Base de données ARIA	
Chute d'un aérofrein	17/07/2017	Parc éolien du Cap Fagnet	Seine-Maritime	NEG MICON NM52/900	0,9	2006		Vers 23h30, un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne dans un parc éolien. Le lendemain matin, un agent de maintenance découvre l'équipement au pied du mât de 49 m. La clôture du site est endommagée. L'éolienne est arrêtée. Un arrêt pour maintenance étant programmé 6 jours après, les autres aérogénérateurs du site sont maintenus en fonctionnement. Durant cet arrêt, les mécanismes d'aérofreins et les pales de toutes les machines sont inspectées. L'aérofrein défectueux est remplacé. L'installation redémarre le 16/08/17.	L'exploitant conclut que le desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine. Il étudie l'opportunité d'augmenter la fréquence d'inspection des mécanismes de fixation des aérofreins ou leur modification, notamment pour fiabiliser l'action de la vis anti-rotation.	Base de données ARIA	
Fuite d'huile	24/07/2017	Mauron	Morbihan	GAMEASA G90/2000	2,0	2008		Une fuite d'huile est détectée vers 17 h sur une éolienne. La rupture d'un flexible du circuit hydraulique de l'aérogénérateur en est à l'origine. Le rejet, estimé à 5 l, s'est écoulé le long du mât et quelques gouttes sont tombées au sol. L'éolienne est arrêtée et des absorbants sont disposés au sol. Le flexible est remplacé. L'éolienne redémarre le lendemain. Seule une zone de pollution de 2 m² sur 10 cm de profondeur est identifiée au pied du mât. Une société de traitement évacue ces graviers impactés	La vétusté du flexible serait à l'origine de la fuite	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Rupture de pale	05/08/2017	L'Osière	Aisne	REPOWER MM100 SIEMENS SWT-2,3-108 VESTAS V110	2,3	2009		Vers 3 h une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. Les débris sont retrouvés par l'exploitant au pied du mât le matin. Il en sécurise l'accès et fait surveiller la zone. L'inspection des installations classées demande la mise à l'arrêt de tous les aérogénérateurs du parc dans l'attente de la compréhension de l'événement.	-	Base de données ARIA	
Chute d'un carénage	08/11/2017	Roman-Blandey	Eure	VESTAS V90/2000	2,0	2010		En fin d'après-midi, le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol dans un parc éolien. Cette pièce, en matériaux composites, mesure 2 m de diamètre et pèse plusieurs dizaines de kg. Elle supporte une armoire électrique. Les agents de maintenance, avertis par une alarme "arrêt automatique turbine" à 17h30, se rendent sur place le lendemain matin. Ils sécurisent l'accès à la zone et préviennent l'exploitant agricole de la parcelle. L'ensemble du parc éolien est mis à l'arrêt.	L'exploitant conclut que la chute du carénage est due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages. La procédure n'aurait pas été respectée lors du montage des turbines. La tête de chaque boulon doit reposer sur 2 rondelles (l'une en vinyle, l'autre métallique) permettant de répartir les efforts. Il s'avère que les rondelles métalliques étaient absentes. Les contraintes étaient donc mal réparties et la fibre de verre s'est arrachée autour des rondelles vinyles.	Base de données ARIA	
Chute d'une éolienne	01/01/2018	Bouin	Vendée	NORDEX N80/2400	2,4	2003		En début de matinée lors d'une tempête, le mât d'une éolienne de 80 m de haut se brise en 2. Les 75 m supérieurs de l'éolienne chutent au sol. Des débris s'éparpillent sur une surface assez importante. Le rotor est enfoncé dans le sol. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. Les 2 autres éoliennes du parc sont arrêtées.	Selon les premiers éléments de l'exploitant, une défaillance dans le dispositif de mise en sécurité des pales de l'aérogénérateur pourrait avoir conduit à l'événement	Base de données ARIA	
Chute d'une pale	04/01/2018	Rampont	Meuse	GAMESA G90/2000	2,0	2008		Dans un parc éolien, l'extrémité d'une pale d'une éolienne de 2 MW se rompt, lors d'un épisode venteux. Un morceau de 20 m chute au sol. L'exploitant sécurise la zone. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m	-	Base de données ARIA	
Chute d'un aérofrein	06/02/2018	Conilhac-Corbières	Aude	ENERCON	2,3	2014		Vers 11h30, l'aérofrein d'une pale d'éolienne chute au sol dans un parc éolien. L'équipe technique présente sur site arrête l'aérogénérateur. La zone est sécurisée, les débris ramassés.	À la suite d'un défaut sur l'électronique de puissance, l'éolienne est passée en arrêt automatique par sollicitation du freinage aérodynamique. Lors de l'ouverture de l'aérofrein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute.	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Chute de pale	04/07/2018	Port-la-Nouvelle	Aude	VESTAS V39	2,0 MW	1993		Vers 18 h, une avarie est constatée sur 2 des pales d'une éolienne : leurs extrémités se sont disloquées. Des éléments ont été projetés à 150 m du mât après s'être décrochées. L'exploitant met en place un périmètre de sécurité. L'aérogénérateur est mis en position de sécurité.	-	Base de données ARIA	
Incendie	28/09/2018	Sauveterre	Tarn	VESTAS V80/2000	2,0 MW	2009		Vers 2h, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne dans un parc éolien. Un riverain donne l'alerte. L'exploitant arrête les 4 aérogénérateurs du site. Les pompiers interviennent. Ils rencontrent des difficultés d'accès à la zone sinistrée. Des éléments enflammés chutent au sol. Le feu se propage à la végétation voisine. Les pompiers maîtrisent le sinistre à 6h30. Ils maintiennent une surveillance en raison des risques de reprise de feu. L'exploitant met en place un balisage et un gardiennage de la zone.	La présence de 2 foyers et de traces d'effraction sur la porte d'accès les amènent à conclure à un acte de malveillance.	Base de données ARIA	
Fuite d'huile	17/10/2018	Le Quint	Somme	GAMESA G97/2000	2,0 MW	2017		Vers midi, un technicien de maintenance détecte une fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne. L'aérogénérateur est arrêté. Environ 150 l d'huiles sont récupérés. L'exploitant du parc éolien estime que 50 l ont été perdus. Sous l'effet du vent, la zone impactée au pied de l'éolienne est d'environ 2 000 m². Une partie des cultures est perdue. Les terres polluées sont décapées sur une dizaine de cm. Elles sont stockées sur une bâche étanche, avant leur retraitement. De la terre végétale est mise en œuvre pour permettre la reprise de l'activité agricole. Un contrôle des prochaines récoltes est planifié.	La mauvaise réalisation d'une activité de maintenance annuelle préventive, la veille de l'événement, en est à l'origine. Selon le prestataire en charge de l'opération, un premier technicien n'a pas suffisamment serré le nouveau filtre hydraulique qu'il venait de mettre en place sur le circuit du multiplicateur de vitesse.	Base de données ARIA	
Effondrement d'une éolienne	06/11/2018	Guigneville	Loiret	Ecotecnia 100	3,0 MW	2010		Vers 6 h, une éolienne, d'une hauteur en bout de pale de 140 m, s'effondre dans un parc éolien composé de 2 aérogénérateurs (3 MW). Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête les autres éoliennes de même type, dans 5 parcs éoliens. Un balisage et une surveillance sont mis en place.	L'expertise conclut qu'une survitesse de rotation des pales de l'éolienne a conduit à une surcharge de contraintes sur la structure, provoquant son effondrement.	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Chute de 3 aérofreins	18/11/2018	Conilhac-Corbières	Aude	ENERCON	2,3	2014		Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât. L'équipe technique constate l'incident en se rendant sur site le lendemain en raison de l'arrêt de l'aérogénérateur. L'installation est mise en sécurité. Les débris, contenus dans un rayon de 150 m au pied du mât, sont ramassés et stockés avant traitement et recyclage en filaire agréée.		Base de données ARIA	
Incendie sur une éolienne	03/01/2019	La Limouzinière	Loire-Atlantique	SENVION MM92	2,05 MW	2010		Vers minuit, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne de 78 m de haut. Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête les 4 autres éoliennes du parc à 2h05. De nombreux débris enflammés tombent au sol. Un feu se déclare au pied de l'aérogénérateur. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 150 m. Ils quittent le site à l'arrivée des équipes de l'exploitant vers 3h30. Celles-ci mettent en place un kit anti-pollution, des coulures d'huile étant visibles le long du mât. La nacelle de l'éolienne est détruite ainsi que le base des 3 pales.	Avarie sur la génératrice de l'éolienne semble à l'origine de l'incendie. Celle-ci avait été bridée à 50 % de sa puissance depuis une quinzaine de jours à la suite de la détection d'une usure de roulement par le système de surveillance vibratoire. Une intervention de maintenance, effectuée le 28/12, avait mis fin à ces vibrations caractéristiques d'un défaut de roulement. Cependant, des signes de délignage avaient fait leur apparition.	Base de données ARIA	
Chute d'une pale d'éolienne	17/01/2019	BAMBIDERSTROFF	Moselle	GAMESA G80	2,0 MW	2007		Vers 15 h dans un parc éolien, une pale d'éolienne se rompt. 2 morceaux chutent au sol, l'un de 5 m (coque) et l'autre de 28 m (fibre de verre). Ce dernier est projeté à 100 m de l'éolienne. L'exploitant arrête les 5 autres aérogénérateurs du parc à 15h17. Il met en place un périmètre de sécurité et ramasse la totalité des débris.	Selon les premiers éléments d'analyse, un défaut d'adhérence (manque de matière) entre la coque en fibre de verre et le coeur de la pale serait à l'origine de cette rupture.	Base de données ARIA	
Incendies criminels	20/01/2019	**ROUSSAS**	Drôme	VESTAS V66	1,75 MW	2006		Dans la nuit, un feu se déclare sur 2 éoliennes d'un parc composé de 12 aérogénérateurs. Les éoliennes sont lourdement endommagées.	D'après la presse, il s'agit d'un acte criminel. Un accident similaire était survenu en juin 2018, dans un parc éolien proche appartenant au même exploitant	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Rupture du mât d'une éolienne	23/01/2019	BOUTAVENT	Oise	WINWIND WWD-1-64	1,0 MW	2011		Vers 14h40, le mât de 66 m d'une éolienne se plie en 2 en son milieu. Des débris sont projetés dans un rayon de 300 m. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 500 m. Une coupure de courant impacte vers 13h30 le parc éolien, comptant 2 aérogénérateurs. Les pales de l'éolienne accidentée ne se sont pas mises en drapeau et sont restées en position de production, alors que le générateur était à l'arrêt. La machine est entrée en survitesse jusqu'à la dislocation d'une pale. Le balourd en résultant aurait conduit au pliage du mât. Le fabriquant met les 21 autres éoliennes du même modèle à l'arrêt.	Selon l'exploitant, l'absence de passage en position de sécurité des pales est dû à une chute de tension au niveau des batteries pilotant la rotation des pales en cas de coupure de l'alimentation électrique. Il effectue des tests sur toutes les batteries des éoliennes du même constructeur et effectue les remplacements nécessaires. Il modifie également son plan de maintenance : tous les 2 ans, une des 3 pales sera équipée de batteries neuves. Il fixe l'âge maximal d'une batterie en exploitation à 6 ans.	Base de données ARIA	
Chute d'une pale d'éolienne	30/01/2019	**ROQUETAILLADE**	Aube	GAMESA G47	5,28 MW	2001		Vers 13 h, une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol. Un périmètre de sécurité est mis en place autour de l'éolienne. L'exploitant arrête les 27 autres aérogénérateurs du parc. Un arrêté préfectoral d'urgence soumet leur redémarrage à l'accord de l'inspection des installations classées.	Certaines des vis retrouvées au sol présentent des ruptures franches, des éléments distinctifs de fatigue et des traces de corrosion. Cette corrosion pourrait avoir été engendrée par une précharge insuffisante lors du serrage	Base de données ARIA	
Fissurations sur des roulements de pales d'éoliennes	12/02/2019	**AUTECHAUX**	Doubs	GE Energy	2,75 MW	2016	-	A la suite d'une fissuration constatée sur une bague extérieure de roulement de pale d'une éolienne d'un parc éolien de même technologie hors de France, l'exploitant réalise des inspections de cette pièce sur 3 de ses parcs éoliens comprenant 43 éoliennes. Ces contrôles mettent en évidence 6 fissurations sur des roulements de pale, positionnés entre la base de la pale et le moyeu. Les 6 fissures sont précisément localisées au niveau des goupilles coniques et trous de remplissage du roulement utilisés lors de l'assemblage des billes de roulement pendant la fabrication de la pièce.	L'origine des fissurations serait un défaut d'alésage qui, sous contrainte, conduirait à une fissuration par fatigue de la bague au niveau d'une zone d'amorçage propice constituée par les trous d'introduction des billes dans les roulements.	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Eolienne touchée par la foudre	02/04/2019	**EQUANCOURT**	Somme	Inconnu	-	-	-	Dans l'après-midi, lors d'un épisode orageux, la foudre touche une des 12 éoliennes d'un parc éolien. Après constat sur place, l'éolienne est arrêtée à distance à 18h30. Un expert de la société de fabrication et maintenance de l'éolienne inspecte l'équipement et la pale endommagée. Il estime qu'il n'y a pas de risque d'aggravation des dégâts ni de chute de composants tant que l'éolienne reste à l'arrêt avec les pales mises en drapeau. Une autre inspection les jours suivants permet de confirmer qu'aucune autre des éoliennes n'a été touchée par la foudre. La pale est déposée pour la réparer.	Foudre	Base de données ARIA	
Électrisation lors de la maintenance d'une éolienne	15/04/2019	**CHAILLY-SUR-ARMANCON**	Côte-d'Or	Inconnu	-	-	-	Vers 12h15, un sous-traitant est électrisé par un courant de 20 000 V dans une éolienne. Les pompiers interviennent sur les lieux. Un technicien effectue des reconnaissances au sommet de l'éolienne afin de vérifier si celle-ci est endommagée. L'éolienne est sécurisée par le personnel de maintenance. La victime est légèrement blessée.	Electrisation	Base de données ARIA	
Incendie sur une éolienne	18/06/2019	**QUESNOY-SUR-AIRAINES**	Somme	Inconnu	-	-	-	Vers 17 h, un feu se déclare sur une éolienne située dans un parc éolien qui en compte 5. Les équipes de maintenance du site maîtrisent l'incendie. Les pompiers alertés par le parc éolien réalisent des contrôles thermiques pour confirmer l'extinction.	D'après la presse, un court-circuit sur un condensateur est à l'origine du sinistre.	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Feu de moteur d'éolienne	25/06/2019	**AMBON**	Morbihan	Ecotecnia 80	1,67 MW	2008	-	Vers 15h45, lors d'une opération de maintenance au niveau du système d'orientation des pales d'une éolienne, un feu se déclare au niveau de la nacelle de cette éolienne dans un parc mis en service en 2008 comportant 6 machines de 120 m pour une puissance totale de 10,02 MW. Voyant des étincelles, les techniciens alertent les secours. Un périmètre de sécurité de 500 m est mis en place. Le parc est mis à l'arrêt. Des éléments structurels de l'éolienne chutent au sol. L'incendie est maîtrisé vers 18h50.	Des fuites d'huile avaient été constatées en 2015 et 2018 sans avoir été nettoyées.	Base de données ARIA	
Chute d'un bout de pale d'une éolienne	27/06/2019	**CHARLY-SUR-MARNE**	Aisne	Gamesa G90	2,0 MW	2009	-	Vers 9 h, deux techniciens intervenant sur une éolienne pour maintenance constatent qu'une pale d'une autre éolienne présente un angle anormal. Ils demandent au centre de maintenance l'arrêt à distance de cette éolienne. Vers 9h30, lors de la mise à l'arrêt, le bout de la pale abîmée est projeté en 2 morceaux, l'un à 15 m de l'éolienne, l'autre à 100 m dans l'enceinte du parc éolien. Chaque morceau correspond à une face de la pale. À la demande des techniciens, l'éolienne est arrêtée à distance.	Inconnue En septembre 2016, les pales de l'éolienne avaient été inspectées. Des reprises de peinture et la réparation d'une fissure avaient été réalisées. Ces défauts avaient été classés comme mineurs. En octobre 2018, une inspection visuelle n'avait révélé aucun défaut.	Base de données ARIA	

Mise à jour : Base Aria consultée en novembre 2019 (https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/le-barpi/la-base-de-donnees-aria/)

11.5 - ANNEXE 5 –GLOSSAIRE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposées, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- **ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
- **SER** : Syndicat des Energies Renouvelables
- **FEE** : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)
- **INERIS** : Institut National de l'EnviRonnement Industriel et des RisqueS
- **EDD** : Etude de dangers
- **APR** : Analyse Préliminaire des Risques
- **ERP** : Etablissement Recevant du Public

11.6 - ANNEXE 6 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

[1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011

[2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006

[3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum

[4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24

[5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005

[6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004

[7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006

[8] Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005

[9] Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement

[10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation

[11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003

[12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne

[13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation

[14] Alpine test site Gütsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin etal.

[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., Leteurtrois 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