



PROJET DE PARC ÉOLIEN D'IRAIS

Communes d'Irais et d'Availles-Thouarsais (79)



RENNES

Parc d'activités d'Apigné
1 rue des Cormiers - BP 95101
35651 LE RHEU Cedex
Tél : 02 99 14 55 70
Fax : 02 99 14 55 67
rennes@ouestam.fr
www.ouestam.fr

Pièce 4.1. Etude de dangers

Juin 2019 (version 2, complétée en décembre 2019)

SOMMAIRE

I. PREAMBULE	6
I.1 OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS	6
I.2 CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE	6
I.2.1 Application du régime des installations classées aux parcs éoliens	6
I.2.2 Réglementation relative à l'étude de dangers	6
I.3 NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES	8
II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	8
II.1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS	8
II.1 LOCALISATION DU SITE	9
II.2 DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE	10
III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	10
III.1 ENVIRONNEMENT HUMAIN	14
III.1.1 Zones urbanisées	14
III.1.2 Etablissements recevant du public (ERP)	15
III.1.3 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)	16
III.1.4 Installations nucléaires de base	16
III.1.5 Autres activités	16
III.1.6 Les actes de malveillance	16
III.2 ENVIRONNEMENT NATUREL	17
III.2.1 Contexte climatique	17
III.2.2 Risques naturels	18
III.3 ENVIRONNEMENT MATERIEL	21
III.3.1 Voies de communication	21
III.3.2 Réseaux publics et privés	23
III.3.3 Autres ouvrages publics	24
III.3.4 Radars	24
III.3.5 Servitudes radioélectriques	24
III.4 CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE	24
IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	27
IV.1 CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION	27
IV.1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien	27
IV.1.2 Activité de l'installation	28
IV.1.3 Composition de l'installation	28
IV.2 FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	30
IV.2.1 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur	30
IV.2.2 Sécurité de l'installation	30
IV.2.3 Opérations de maintenance de l'installation	31
IV.2.4 Stockage et flux de produits dangereux	31
IV.3 FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION	32
IV.3.1 Raccordement électrique	32
V. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	33
V.1 POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS	33
V.2 POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	33
V.3 REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE	35
V.3.1 Principales actions préventives lors du montage des éoliennes	35
V.3.2 PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES LORS DE LA MAINTENANCE DES EOLIENNES	38
V.3.3 Utilisation des meilleures techniques disponibles	42

VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	42
VI.1 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE	42
VI.2 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL	45
VI.3 SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE	46
VI.4 LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE	46
VII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR)	47
VII.1 OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	47
VII.2 RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES	47
VII.3 RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES	47
VII.3.1 Agression externes liées aux activités humaines	47
VII.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels	48
VII.4 SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	48
VII.5 EFFETS DOMINOS	50
VII.6 MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE	50
VII.7 CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	54
VIII. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	55
VIII.1 RAPPEL DES DEFINITIONS	55
VIII.1.1 Cinétique	55
VIII.1.2 Intensité	55
VIII.1.3 Gravité	55
VIII.1.4 Probabilité	56
VIII.1.5 Niveau de risque	56
VIII.2 CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS	57
VIII.2.1 Effondrement de l'éolienne	57
VIII.2.2 Chute de glace	58
VIII.2.3 Chute d'éléments de l'éolienne	59
VIII.2.4 Projection de pales ou de fragments de pales	60
VIII.2.5 Projection de glace	63
VIII.3 SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	64
VIII.3.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés	64
VIII.3.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques	65
VIII.3.3 Cartographie des risques	65
IX. CONCLUSION	69
TERRAINS NON BATIS	71
VOIES DE CIRCULATION	71
Voies de circulation automobiles	71
Voies ferroviaires	71
Voies navigables	71
Chemins et voies piétonnes	71
LOGEMENTS	71
ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)	71
ZONES D'ACTIVITE	72
ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE	73
ANNEXE 3 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	78
SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIES A LA GLACE (G01 ET G02)	78
Scénario G01	78
Scénario G02	78
SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'INCENDIE (I01 A I07)	78
SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE FUITES (F01 A F02)	78
Scénario F01	78
Scénario F02	79
SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE CHUTE D'ELEMENTS (C01 A C03)	79

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES (P01 A P06).....	79
<i>Scénario P01</i>	79
<i>Scénario P02</i>	79
<i>Scénarios P03</i>	79
SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'EFFONDREMENT DES EOLIENNES (E01 A E10)	79
ANNEXE 4 – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL.....	80
ANNEXE 5 –GLOSSAIRE.....	81
ANNEXE 5 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES	84

LISTE DES FIGURES

Figure 1 – Localisation générale du site	9
Figure 2 – Distribution du nombre de jours de glace en Europe	17
Figure 3 – Rose des vents Niort (Source : Météo France)	17
Figure 4 – Calcul de neige selon les départements (Source : ICAB)	18
Figure 5 – Extrait de la carte des zones sensibles aux remontées de nappes.....	19
Figure 6 – Carte du zonage sismique en France.....	20
Figure 7 – Retrait-gonflement des argiles (Source : BRGM)	20
Figure 8 – Schéma simplifié d'un aérogénérateur	27
Figure 9 – Illustration des emprises au sol d'une éolienne	28
Figure 10 – Raccordement électrique des installations	32
Figure 11 – Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011 (Source : Guide technique INERIS)	42
Figure 12 – Répartition des causes premières d'effondrement entre 1970 et 2012.....	45
Figure 13 – Répartition des causes premières de rupture de pales entre 1970 et 2012	45
Figure 14 – Répartition des causes premières d'incendies entre 1970 et 2012	45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Régimes des installations classées – rubrique 2980 (Source : Annexe (4) à l'article R. 511-9, Légifrance).....	6
Tableau 2 – Nomenclature des installations classées (Source : Annexe (4) à l'article R. 511-9, Légifrance).....	8
Tableau 3 – Densité de population des communes situées dans le rayon d'affichage de 6 km (Source : INSEE, 2015).....	14
Tableau 4 – Distance du projet aux hameaux les plus proches	14
Tableau 5 – Arrêtés de catastrophe naturelle	19
Tableau 6 – Règles de construction parasismiques applicables aux bâtiments neufs	20
Tableau 7 – Densité de foudroiement	21
Tableau 8 – Distances des différentes infrastructures routières aux éoliennes les plus proches	22
Tableau 9 – Distance d'effets pour plusieurs scénarii accidentels susceptibles de survenir sur des citernes ferroviaires de Transport de Matières Dangereuses (Source : INERIS, 2003)	22
Tableau 10 – Comparaison de l'accidentologie du transport de produits chimiques.....	23
Tableau 11 – Synthèse des enjeux et du nombre de personnes potentiellement impactées dans un rayon de 500 m autour de chaque éolienne.....	25
Tableau 12 – Coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison.....	28
Tableau 13 – Niveaux NGF (source : SAMEOLE).....	28
Tableau 14 – Recensement des produits dangereux présents sur le site	33
Tableau 15 – Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation.....	34
Tableau 16 – Liste des accidents liés à la filière éolienne en France entre 2012 et 2019 – Source ARIA.....	43
Tableau 17 - Accidentologie à l'international entre le 30 novembre 1980 et le 31 mars 2019	45
Tableau 18 – Synthèse de l'accidentologie	46
Tableau 19 – Degré d'exposition.....	55
Tableau 20 – Classe des seuils de gravité.....	56
Tableau 21 – Classe de probabilité	56
Tableau 22 – Niveau de risque et grille de criticité.....	56
Tableau 23 – Niveau d'intensité lié à l'effondrement de l'éolienne	57
Tableau 24 – Niveau de gravité lié à l'effondrement de l'éolienne	57
Tableau 25 – Bibliographie liée à l'effondrement d'une éolienne	58
Tableau 26 – Niveau d'acceptabilité vis-à-vis de l'effondrement des éoliennes	58
Tableau 27 – Niveau d'intensité de la chute de glace.....	59
Tableau 28 – Niveau de gravité lié à la chute de glace	59
Tableau 29 – Niveau d'acceptabilité vis-à-vis de la chute de glace	59
Tableau 30 - Niveau d'intensité de la chute d'éléments de l'éolienne	59
Tableau 31 – Niveau de gravité lié à la chute d'éléments de l'éolienne	60
Tableau 32 – Niveau d'acceptabilité vis-à-vis de la chute d'éléments de l'éolienne	60
Tableau 33 – Niveau d'intensité de projection de pale ou de fragment de pale	60

Tableau 34 – Niveau de gravité lié à la projection de pale ou de fragment de pale.....	62
Tableau 35 – Niveau d'acceptabilité vis-à-vis de la projection de pale ou de fragment de pale.....	62
Tableau 36 – Niveau d'intensité de projection de morceaux de glace	63
Tableau 37 – Niveau de gravité lié à la projection de morceaux de glace	63
Tableau 38 – Niveau d'acceptabilité vis-à-vis de la projection de morceaux de glace	63
Tableau 39 – Synthèse des scénarios étudiés.....	64
Tableau 40 – Synthèse de l'acceptabilité des risques.....	65

LISTE DES CARTES

Carte 1 – Situation du projet – Enjeux autour des éoliennes	10
Carte 2 – Occupation du sol – Eolienne n°1	10
Carte 3 – Occupation du sol – Eolienne n°2	11
Carte 4 – Occupation du sol – Eolienne n°3	11
Carte 5 – Occupation du sol – Eolienne n°4	12
Carte 6 – Occupation du sol – Eolienne n°5	12
Carte 7 – Occupation du sol – Eolienne n°6	13
Carte 8 – Occupation du sol – Eolienne n°7	13
Carte 9 – Distances entre les mâts des éoliennes et les habitations les plus proches	15
Carte 10 – Carte de synthèse des enjeux au sol pour chaque éolienne	26
Carte 11 – Plan détaillé de l'installation	29
Carte 12 – Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E1	66
Carte 13 – Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E2	66
Carte 14 – Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E3	67
Carte 15 – Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E4	67
Carte 16 – Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E5	68
Carte 17 – Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E6	68
Carte 18 – Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E7	69

I. PREAMBULE

I.1 OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par SAMEOLE et OUEST AM' pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien d'Irais 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 d'Irais. 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 d'Irais, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

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

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

I.2 CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

I.2.1 APPLICATION DU REGIME DES INSTALLATIONS CLASSEES AUX PARCS EOLIENS

En application de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite loi Grenelle II, les éoliennes sont désormais soumises au régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

En effet, l'article 90 de ladite loi précise que « les installations terrestres de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent constituant des unités de production telles que définies au 3° de l'article 10 de la loi n°2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité, et dont la hauteur des mâts dépasse 50 mètres sont soumises à autorisation au titre de l'article L. 511-2, au plus tard un an à compter de la date de publication de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 précitée. »

Le décret n°2011-984 du 23 août 2011, modifiant l'article R. 511-9 du code de l'environnement, a eu pour objet de créer une rubrique (2980) dédiée aux éoliennes au sein de la nomenclature relative aux ICPE.

Il prévoit deux régimes d'installations classées pour les parcs éoliens terrestres :

Tableau 1 – Régimes des installations classées – rubrique 2980 (Source : Annexe (4) à l'article R. 511-9, Légifrance)

NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES		REGIME
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		Autorisation
2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée :	a) Supérieure ou égale à 20 MW	Autorisation
	b) Inférieure à 20 MW	Déclaration

Précisions qu'aujourd'hui, le contenu de cette rubrique reste inchangé.

La réglementation prévoit que, dans le cadre d'une demande d'autorisation d'exploiter, l'exploitant doit réaliser une étude de dangers.

Enfin, 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 prévoit un certain nombre de dispositions par rapport à l'implantation, la construction, l'exploitation et la prévention des risques. Ces prescriptions nationales sont applicables à tous les nouveaux parcs éoliens et, pour partie, aux installations existantes. Elles devront être prises en compte dans le cadre de l'étude de dangers.

I.2.2 REGLEMENTATION RELATIVE A L'ÉTUDE DE DANGERS

L'Ordonnance n° 2017-80 du 26 janvier 2017 a inscrit de manière définitive dans le code de l'environnement un dispositif d'autorisation environnementale unique, en améliorant et en pérennisant les expérimentations mises en place les années précédentes.

Le décret n° 2017-82 du 26 janvier 2017 (modifié par décret n°2018-704 du 3 août 2018) précise que, lorsque l'autorisation environnementale concerne une installation classée, le dossier de demande est complété par un certain nombre de pièces et d'éléments. Citons notamment pour les éoliennes : « **10° L'étude de dangers mentionnée à l'article L. 181-25 et définie au III du présent article** ».

Rappelons qu'avant cette ordonnance, le contenu de l'étude de dangers était précisé par l'article L. 512-1 du code de l'environnement.

Désormais, l'article L. 512-1 du code de l'environnement (modifié par l'ordonnance du 26 janvier 2017) indique :

Article L. 512-1 du code de l'environnement

Sont soumises à autorisation les installations qui présentent de graves dangers ou inconvénients pour les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1.

L'autorisation, dénommée autorisation environnementale, est délivrée dans les conditions prévues au chapitre unique du titre VIII du livre Ier.

Le contenu de l'étude de dangers est dorénavant précisé par l'article L. 181-25, créé par l'ordonnance du 26 janvier 2017, à savoir :

Article L. 181-25 du code de l'environnement

Le demandeur fournit une étude de dangers qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

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

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

Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.

Cependant, il convient de noter que l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation 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 s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement (notamment le paysage), 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 donc 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 D. 181-15-2 du code de l'environnement.

Article D. 181-15-2 du code de l'environnement

(Modifié par Décret n°2018-797 du 18 septembre 2018)

Lorsque l'autorisation environnementale concerne un projet relevant du 2° de l'article L.181-1, le dossier de demande est complété dans les conditions suivantes.

I. - Le dossier est complété des pièces et éléments suivants :

(...)

10° L'étude de dangers mentionnée à l'article L. 181-25 et définie au III du présent article

(...)

III. L'étude de dangers justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts mentionnés à l'article L. 181-3.

Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. Dans le cas des installations

figurant sur la liste prévue à l'article L. 515-8, le pétitionnaire doit fournir les éléments indispensables pour l'élaboration par les autorités publiques d'un plan particulier d'intervention.

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

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

Pour certaines catégories d'installations impliquant l'utilisation, la fabrication ou le stockage de substances dangereuses, le ministre chargé des installations classées peut préciser, par arrêté pris en application de l'article L. 512-5, le contenu de l'étude de dangers portant, notamment, sur les mesures d'organisation et de gestion propres à réduire la probabilité et les effets d'un accident majeur.

Enfin, d'autres textes législatifs et réglementaires, concernant les installations classées soumises à autorisation, s'appliquent aux études de dangers, notamment en ce qui concerne les objectifs et la méthodologie à mettre en œuvre :

- ✓ **Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003** relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages
- ✓ **Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005** modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement
- ✓ **Arrêté du 10 mai 2000** relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
- ✓ **Arrêté du 29 septembre 2005** modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
- ✓ **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.

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans les parties du code de l'environnement relatives à l'autorisation environnementale et aux installations classées. Selon l'article L. 181-25, l'étude de dangers précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

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

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

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article D. 181-15-2 du code de l'environnement :

- Description de l'environnement et du voisinage
- Description des installations et de leur fonctionnement
- Identification et caractérisation des potentiels de danger
- Estimation des conséquences de la concrétisation des dangers
- Réduction des potentiels de danger
- Enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs)
- Analyse préliminaire des risques
- Étude détaillée de réduction des risques
- Quantification et hiérarchisation des différents scénarios en termes de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection
- Représentation cartographique
- Résumé non technique de l'étude des dangers.

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

I.3 NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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

Tableau 2 – Nomenclature des installations classées (Source : Annexe (4) à l'article R. 511-9, Légifrance)

A-NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES			
N°	Désignation de la rubrique	A, E, D, S, C (1)	Rayon (2)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée :		
	a) Supérieure ou égale à 20 MW	A	6
	b) Inférieure à 20 MW	D	

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

II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

II.1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Maître d'ouvrage	SAS FERME EOLIENNE D'IRAIS	
	Responsable développement :	Yvan Brun
	Chef de Projet :	Vincent Solon
	Adresse :	179 Rue du Poirier 14 650 Carpiquet
	Téléphone :	02 31 29 37 95
	Mail :	y.brun@sameole.fr v.solon@sameole.fr
	SIRET :	82916613100013

Exploitant du parc éolien	SAS FERME EOLIENNE D'IRAIS	
	Présidente :	Noémie SAMSON
	Directrice Générale	Noémie SAMSON
	Adresse :	179 Rue du Poirier 14 650 Carpiquet
	Téléphone :	02 31 29 37 95
	Mail :	y.brun@sameole.fr
	SIREN :	829 166 131

Rédacteurs	Ouest Am'	
	Adresse :	1, rue des Cormiers 35651 LE RHEU
	Auteurs :	Bertrand LESAGE – Chef de projet Pauline PORTANGUEN – Technicienne

II.1 LOCALISATION DU SITE

Le parc éolien d'Irais, composé de sept aérogénérateurs, est localisé sur les communes d'Irais et d'Availles-Thouarsais dans le département des Deux-Sèvres (79), en région Nouvelle-Aquitaine. Précisons que le projet se trouve en limite de la commune de Saint-Généroux.

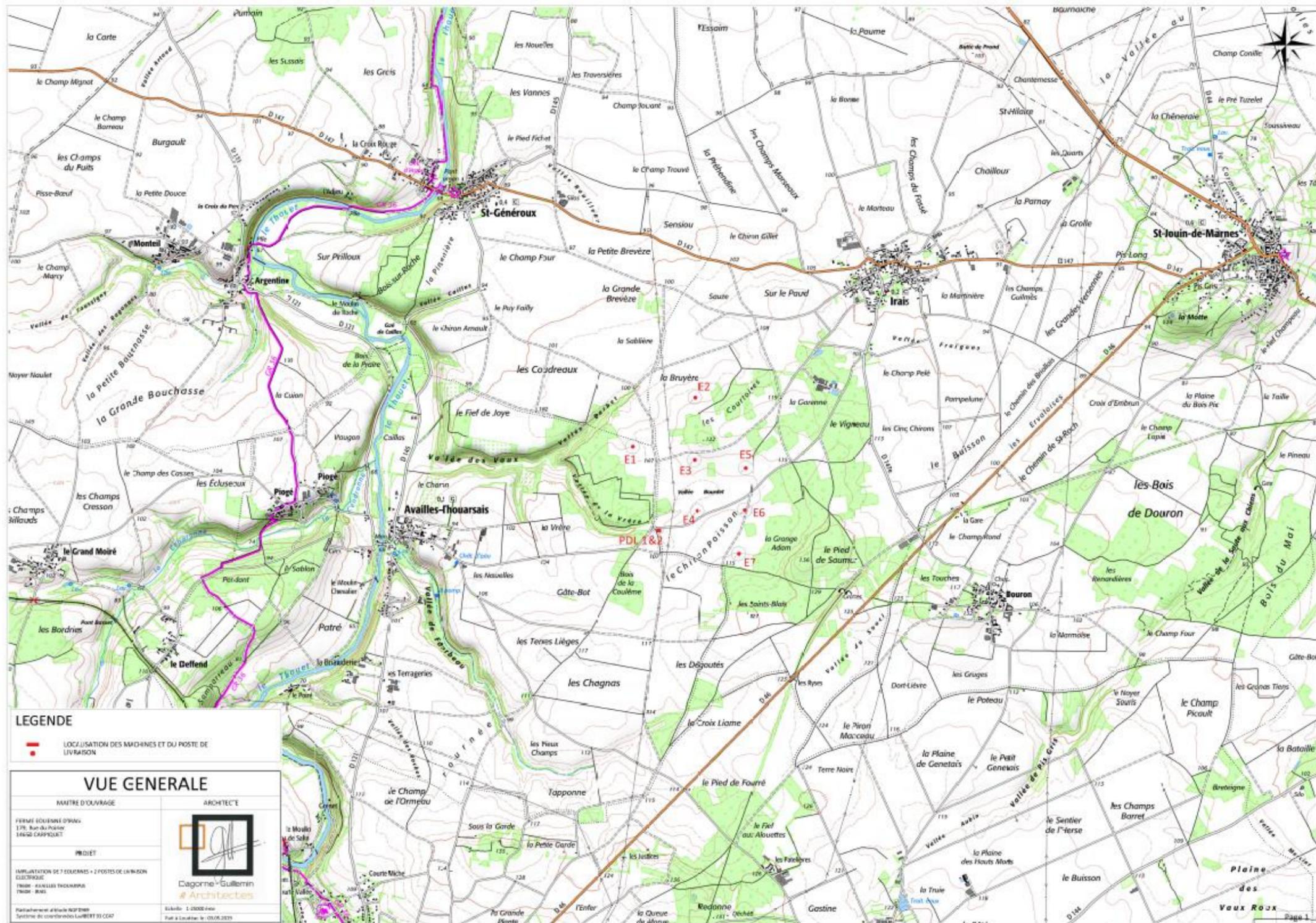


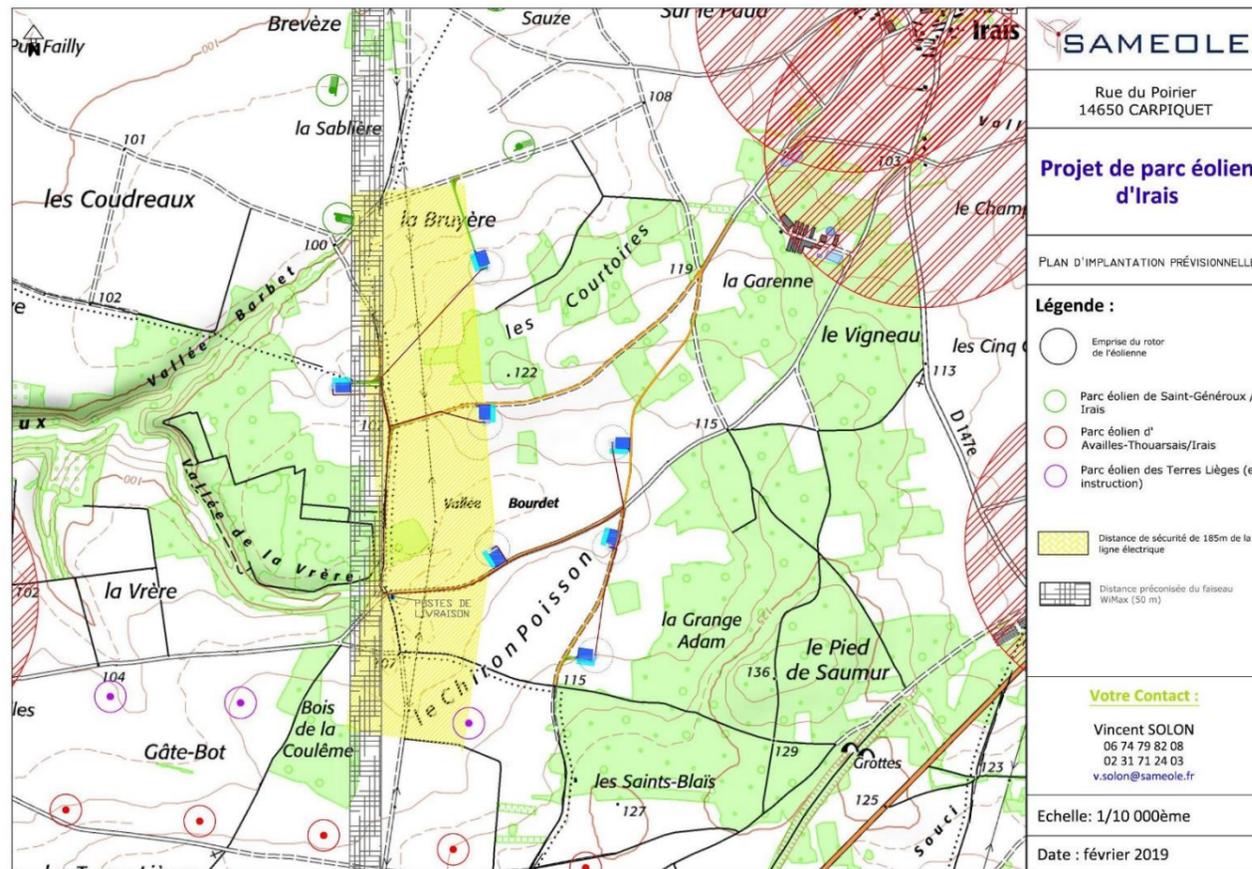
Figure 1 – Localisation générale du site

II.2 DEFINITION DE L'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 distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe VIII.2.4.

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

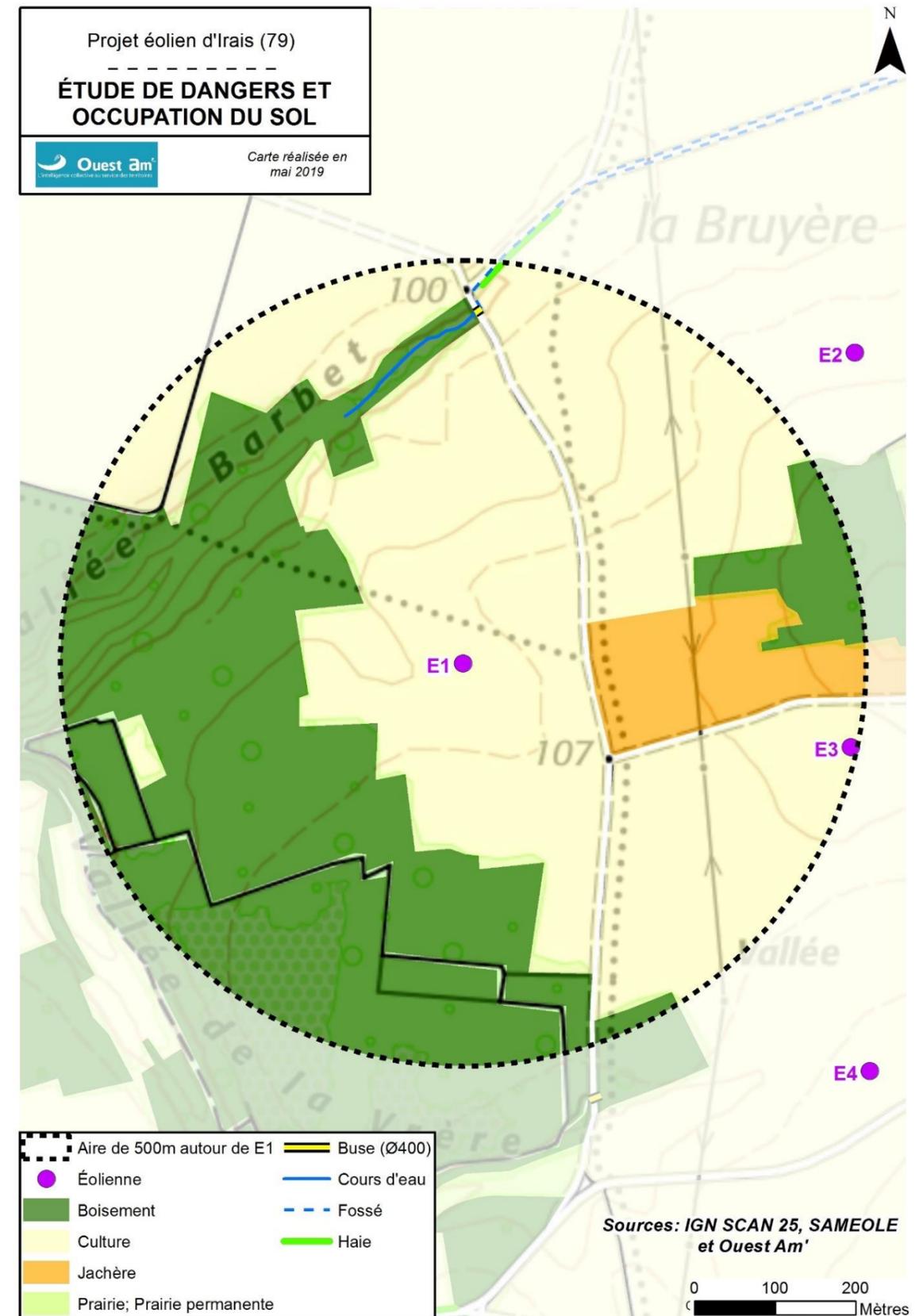


Carte 1 – Situation du projet – Enjeux autour des éoliennes

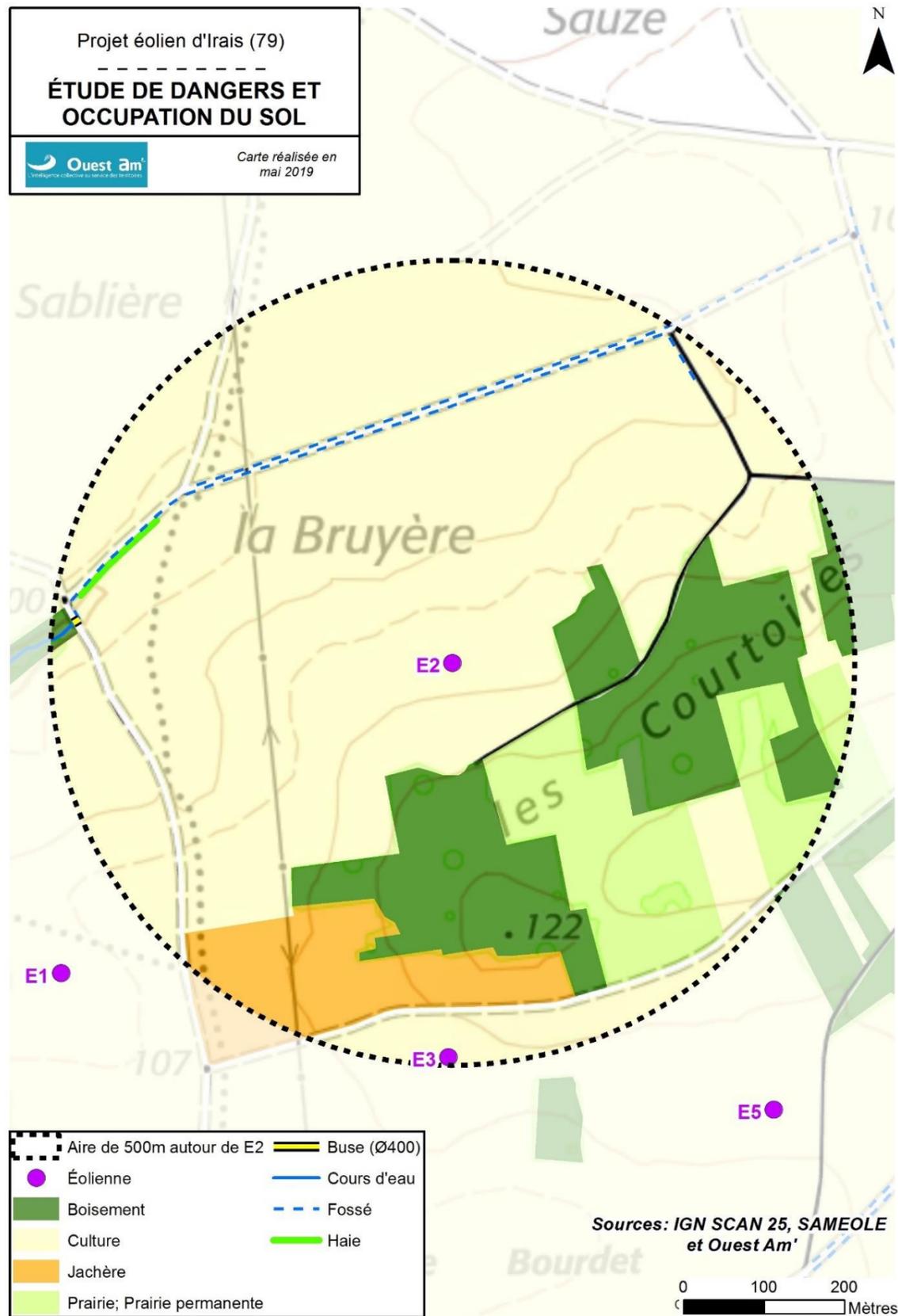
III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

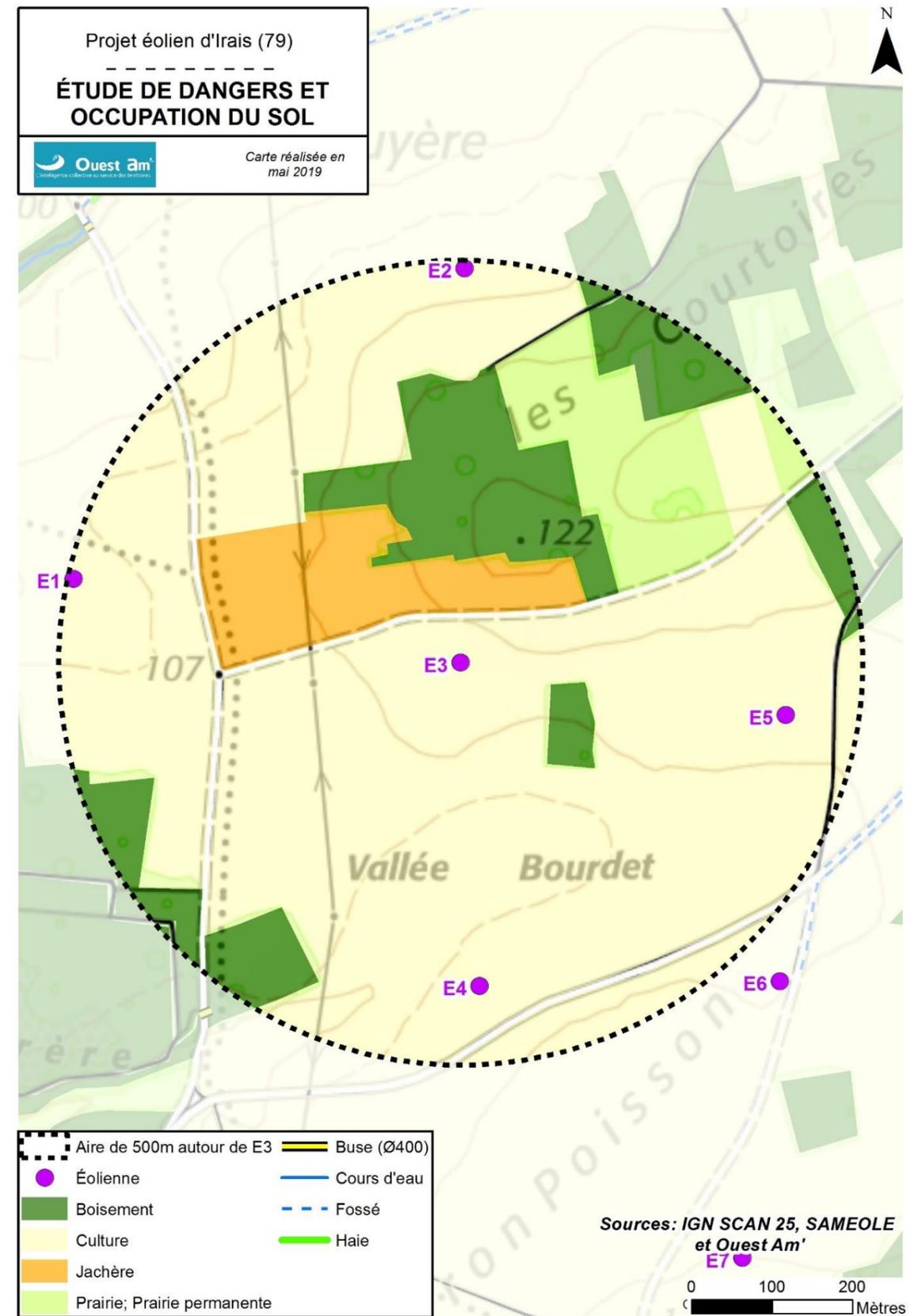
Les cartes de l'occupation des sols de chaque éolienne sont présentées ci-après :



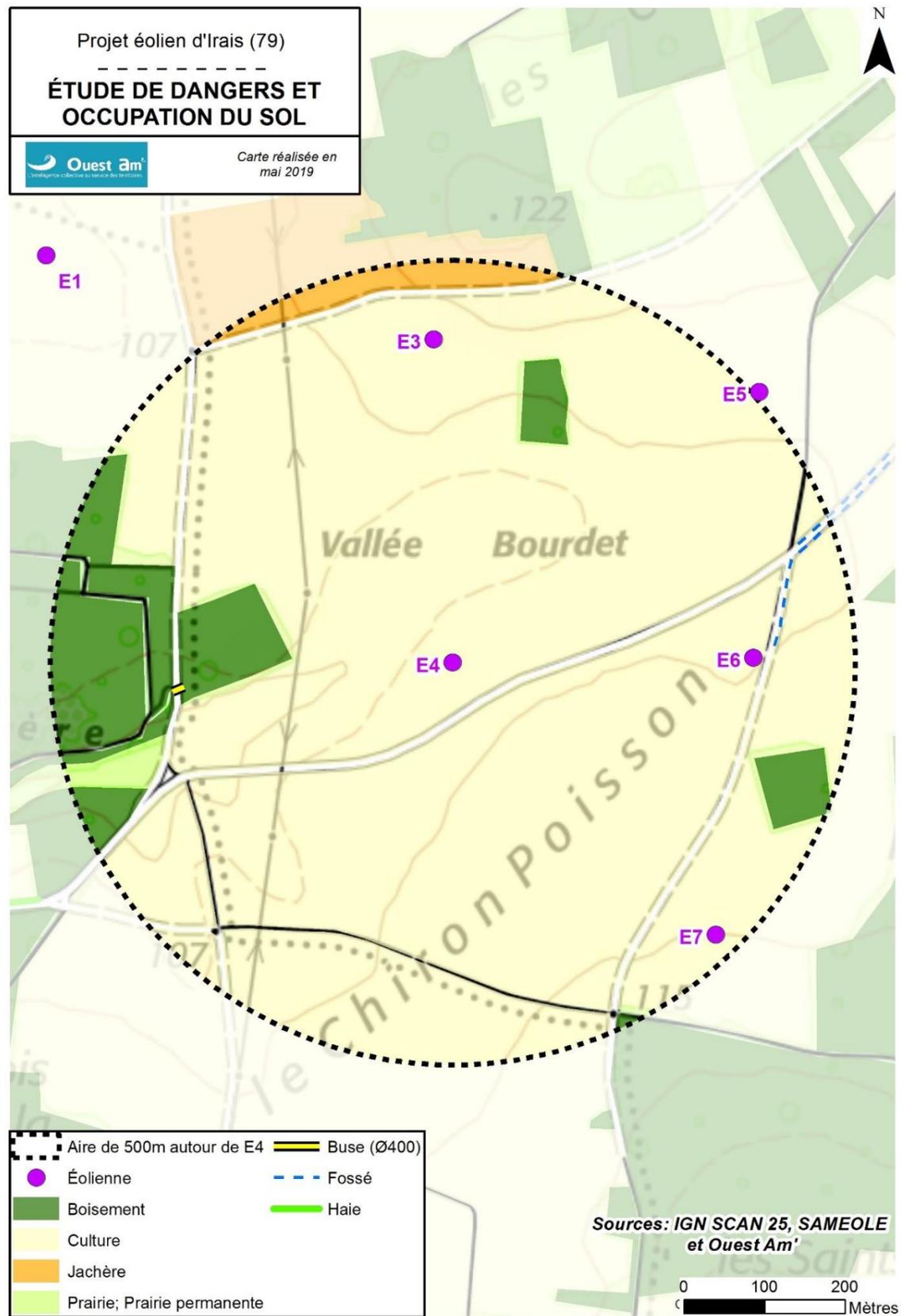
Carte 2 – Occupation du sol – Eolienne n°1



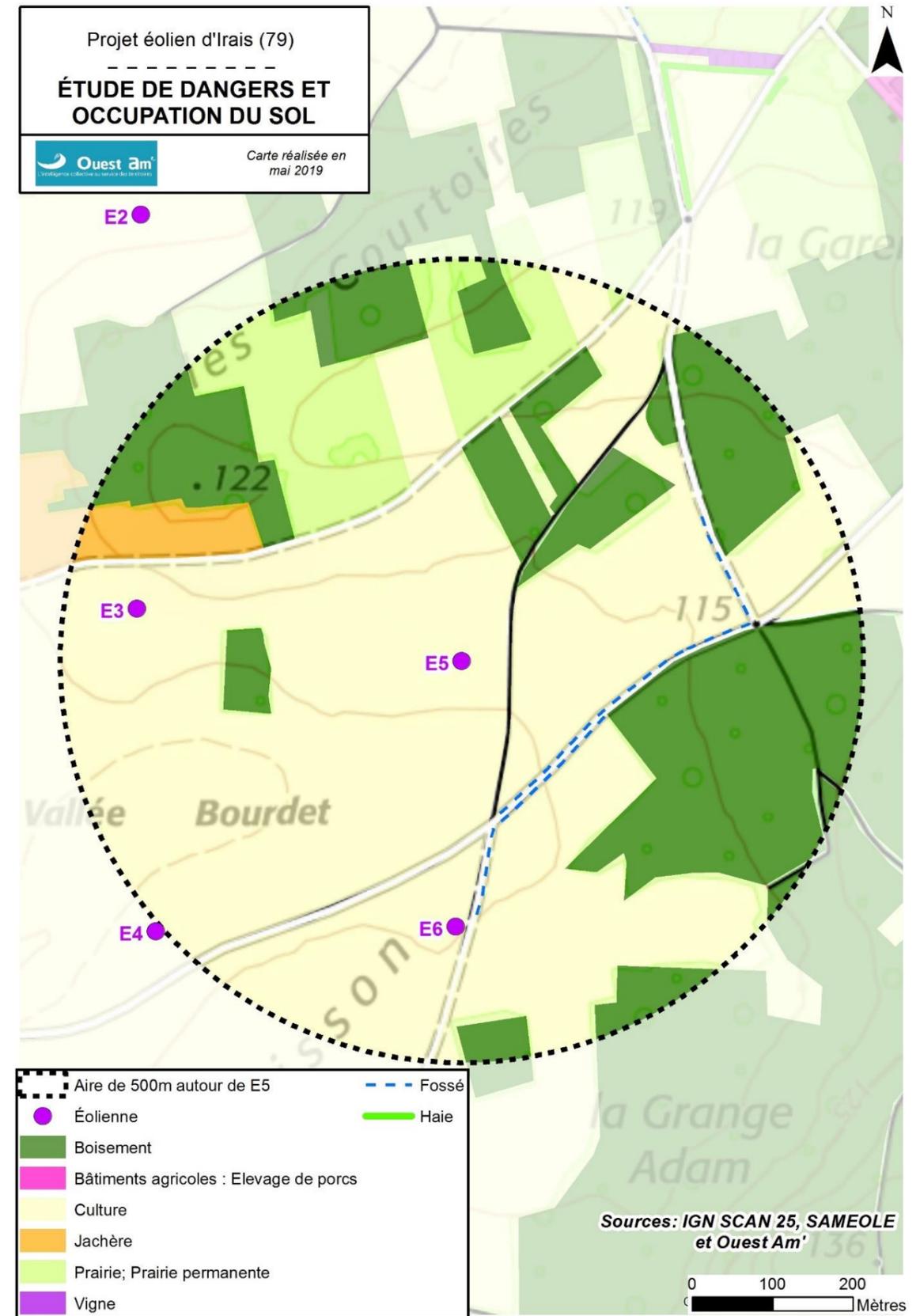
Carte 3 – Occupation du sol – Eolienne n°2



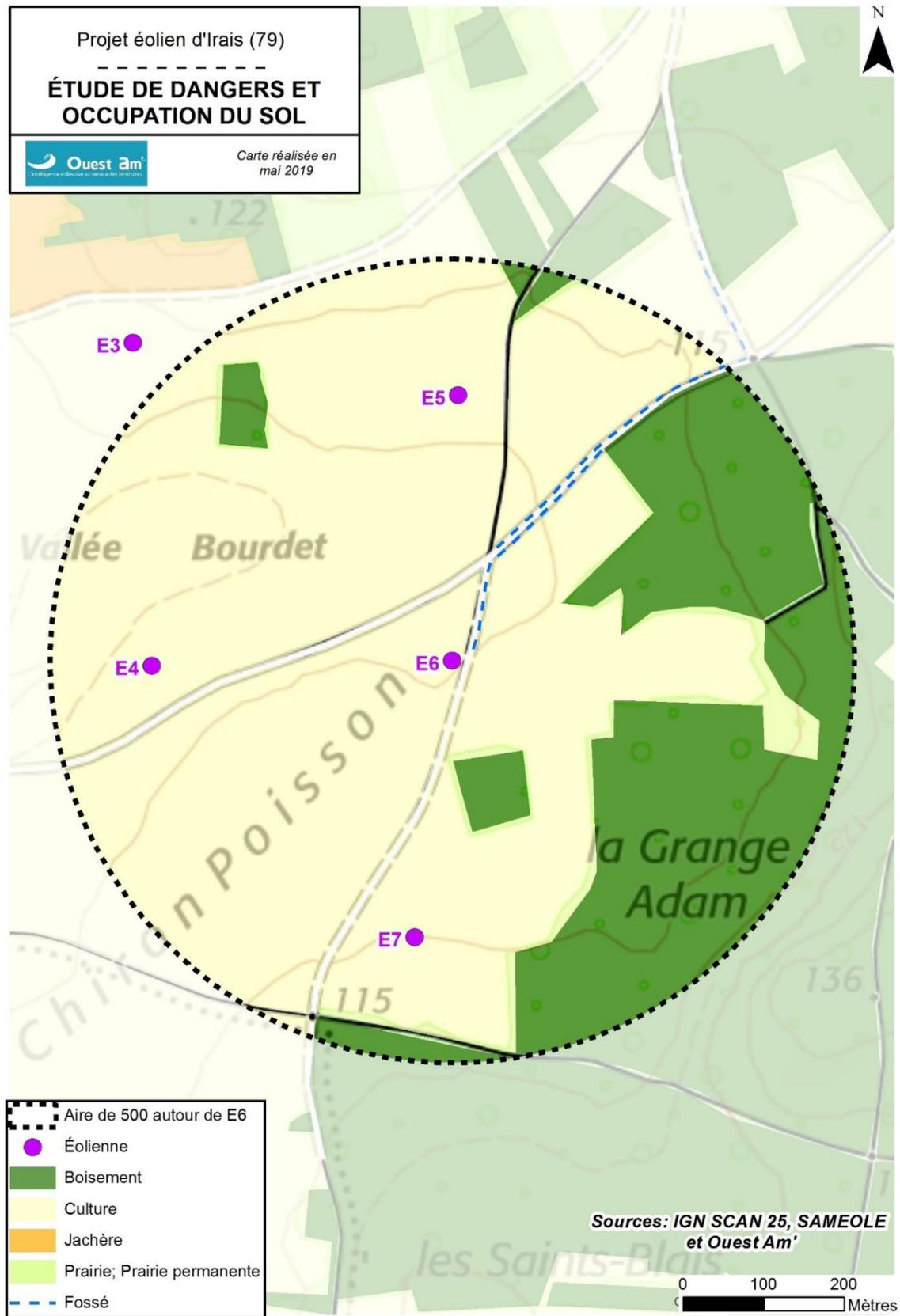
Carte 4 – Occupation du sol – Eolienne n°3



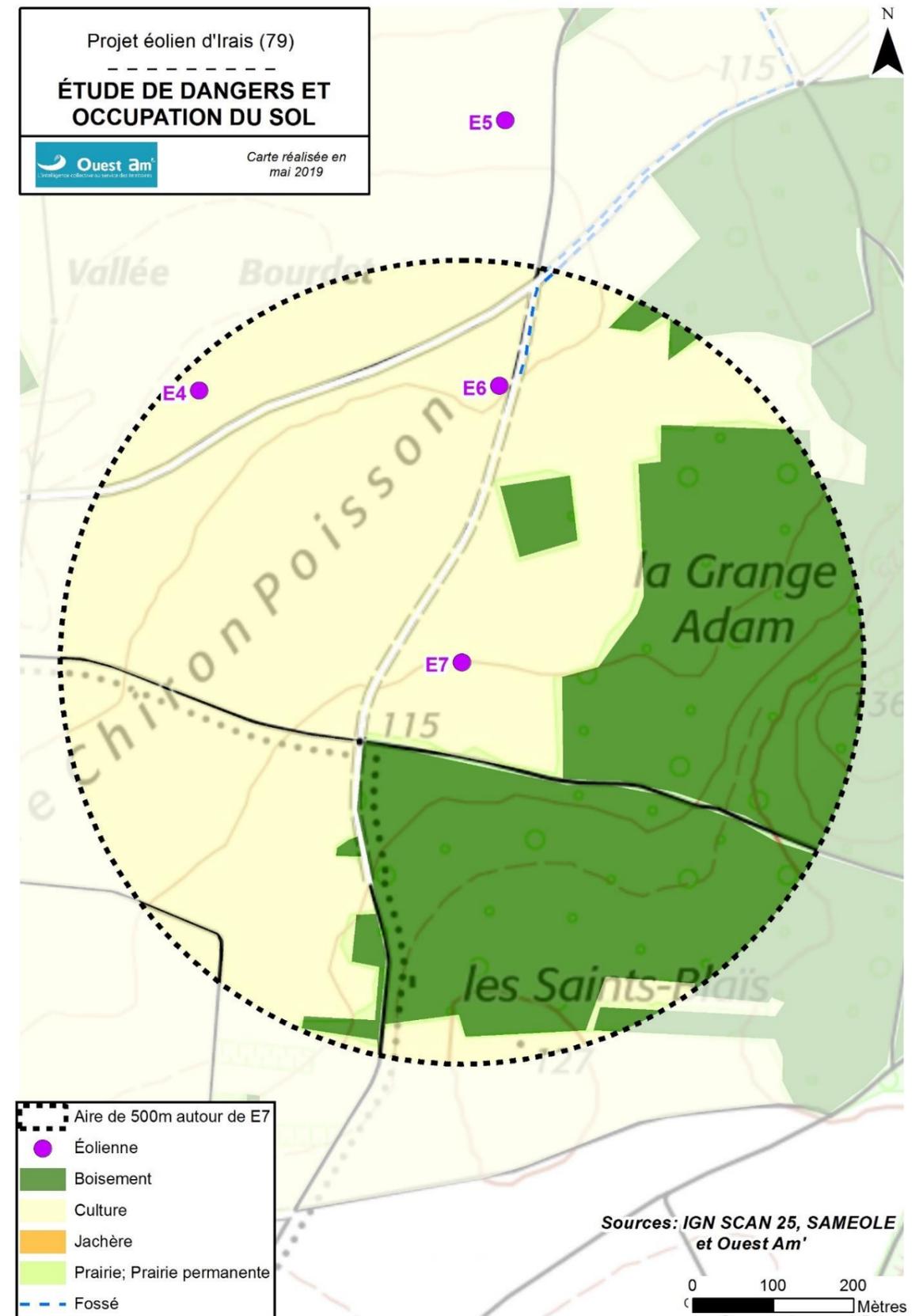
Carte 5 – Occupation du sol – Eolienne n°4



Carte 6 – Occupation du sol – Eolienne n°5



Carte 7 – Occupation du sol – Eolienne n°6



Carte 8 – Occupation du sol – Eolienne n°7

III.1 ENVIRONNEMENT HUMAIN

III.1.1 ZONES URBANISEES

L'approche a été menée dans le rayon de 6 km autour des éoliennes correspondant au rayon d'affichage réglementaire spécifique au présent projet. Le [Tableau 3](#) dresse la liste des communes comprises dans ce périmètre, ainsi que la densité moyenne de population de ces communes selon les dernières données de l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE 2015).

Tableau 3 – Densité de population des communes situées dans le rayon d'affichage de 6 km (Source : INSEE, 2015)

COMMUNE	DEPARTEMENT	POPULATION	SUPERFICIE (KM ²)	DENSITE MOYENNE DE POPULATION (HAB./KM ²)	ORIENTATION PAR RAPPORT AU PROJET EOLIEN
Irais	Deux-Sèvres	206	13,5	15,3	Projet au sud-ouest de la commune
Availles-Thouarsais	Deux-Sèvres	194	10,9	17,9	Projet au nord-est de la commune
Saint-Généroux	Deux-Sèvres	369	20,5	18,0	Nord-ouest
Airvault	Deux-Sèvres	3 003	49,3	60,9	Sud
Glénay	Deux-Sèvres	567	21,1	26,8	Ouest
Saint-Varent	Deux-Sèvres	2 459	34,4	71,4	Nord-ouest
Luzay	Deux-Sèvres	320	21,0	29,6	Nord-ouest
Taizé-Maulais	Deux-Sèvres	766	21,2	36,1	Nord-ouest
Oiron	Deux-Sèvres	907	36,8	24,7	Nord
Saint-Jouin-de-Marnes	Deux-Sèvres	575	22,8	25,3	Est
Assais-Les-Jumeaux	Deux-Sèvres	788	52,3	15,1	Sud-est
Brie	Deux-Sèvres	178	12,0	14,9	Nord-est
Moncontour	Vienne	972	41,1	23,7	Sud-est

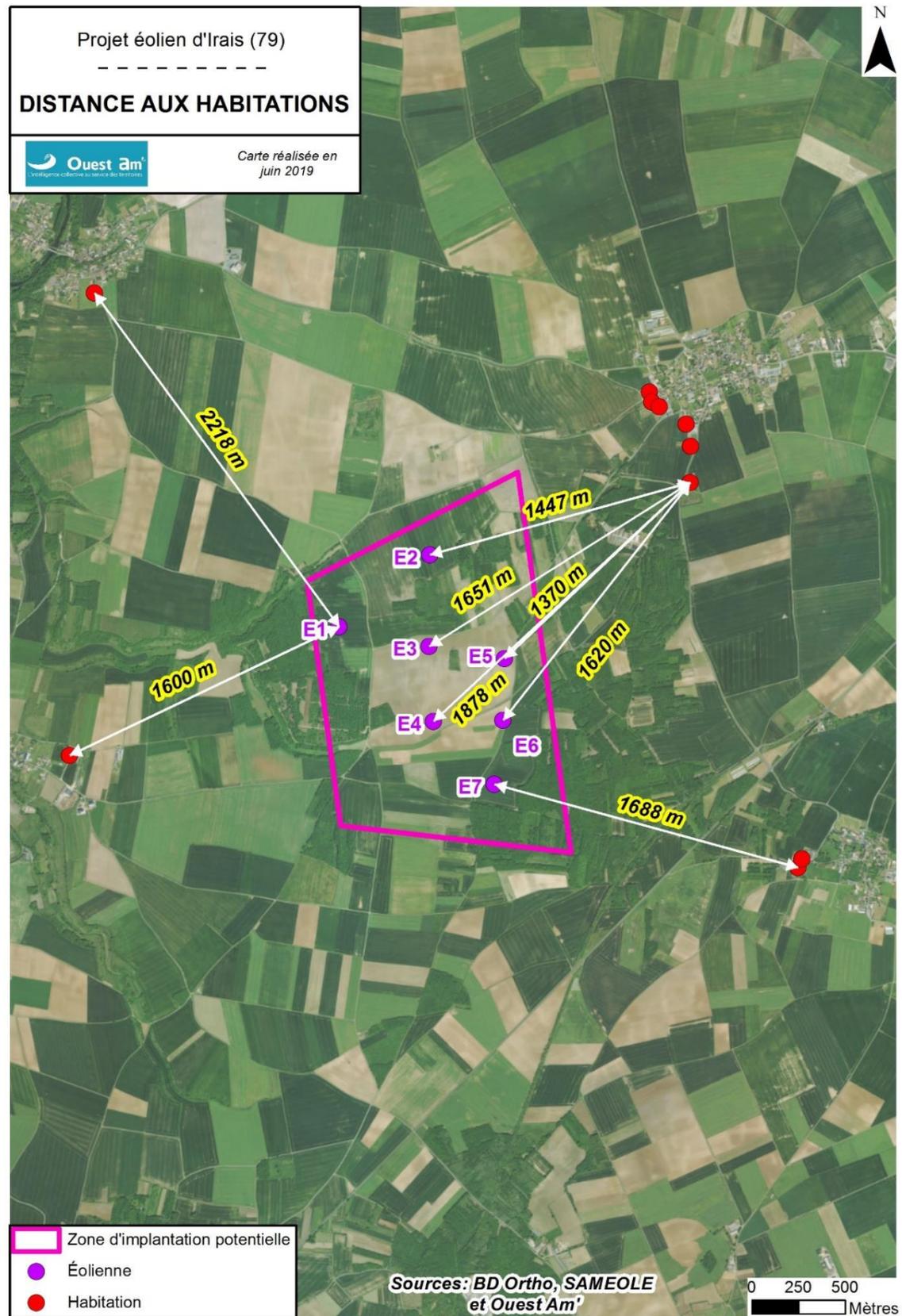
Le projet de parc éolien se situe dans un secteur rural peu peuplé. La densité de population moyenne dans le rayon de 6 km est en effet de l'ordre de 30 habitants/km². Elle est de 15,3 habitants/km² sur Irais et de 17,9 habitants/km² sur Availles-Thouarsais.

Les habitations les plus proches du projet éolien correspondent le plus souvent à des hameaux et maisons isolées. Le [Tableau 4](#) précise les distances aux habitations les plus proches du parc éolien. La [Carte 9](#) localise les zones urbanisées.

Tableau 4 – Distance du projet aux hameaux les plus proches

EOLIENNE	X LAMBERT 93	Y LAMBERT 93	DISTANCE HABITATION LA PLUS PROCHE	LIEU-DIT	COMMUNE
E1	462 512,41	6 645 359,17	1600 m	Rue de la Charrière / Rue Désiré Marie	Availles-Thouarsais
E2	462 998,68	6 645 744,83	1447 m	Rue de la Mairie	Irais
E3	462 993,90	6 645 254,95	1651 m	Rue de la Mairie	Irais
E4	463 017,29	6 644 853,14	1878 m	Rue de la Mairie	Irais
E5	463 398,24	6 645 189,76	1370 m	Rue de la Mairie	Irais
E6	463 390,73	6 644 859,29	1620 m	Rue de la Mairie	Irais
E7	463 344,15	6 644 515,33	1688 m	Les Touches / Douron	Saint-Jouin-de-Marnes

On constate que les habitations les plus proches sont éloignées de 1370 mètres du projet de parc éolien (Rue de la Mairie sur la commune d'Irais, par rapport à l'éolienne E5).



Carte 9 – Distances entre les mâts des éoliennes et les habitations les plus proches

III.1.2 ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

On entend par ERP tous les bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes sont admises, soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitation, payantes ou non.

Cela regroupe donc un très grand nombre d'établissements, comme les magasins et centres commerciaux, les cinémas, les théâtres, les hôpitaux, les écoles et universités, les hôtels et restaurants... que ce soient des structures fixes ou provisoires (chapiteaux, tentes, structures gonflables).

III.1.2.1 ZONES COMMERCIALES

Aucune zone commerciale, zone d'activité intercommunale ou parc d'activité d'intérêt départemental (PAID) dans un rayon de 500 mètres autour du projet de parc éolien (distance fixée par l'INERIS dans son guide technique spécifique).

III.1.2.2 ÉTABLISSEMENTS SENSIBLES

On entend par établissements sensibles l'ensemble des établissements recevant des enfants et les établissements scolaires (crèche, écoles maternelles, écoles primaires, collèges, lycées, établissements hébergeant des enfants handicapés), les établissements de soins et les maisons de retraite.

Il n'existe aucun établissement de ce type dans un rayon de 500 mètres autour du projet éolien. Les établissements sensibles les plus proches correspondent¹ :

- ✓ A l'école primaire située sur la commune de Saint-Jouin-de-Marnes (4 km des éoliennes E2 et E5) ;
- ✓ Au collège Sainte-Agnès, à l'école maternelle Les Corderies, à l'école élémentaire E. Perochon et au collège Voltaire situés sur la commune d'Airvault (4,5 km des éoliennes E4 et E7) ;
- ✓ A l'EHPAD – Résidence du Val d'Or sur la commune d'Airvault (4,5 km de l'éolienne E7).

III.1.2.3 AUTRE ETABLISSEMENT

Aucun autre ERP n'est situé dans un rayon de 500 m autour des aérogénérateurs.

III.1.3 INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE)

Il n'existe aucun établissement de type ICPE ou SEVESO dans un rayon de 500 mètres autour du projet éolien.

Il n'existe donc aucune ICPE soumise à l'arrêté du 10 mai 2000 modifié relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation dans la zone d'étude de 500 m autour du futur parc éolien.

Pour information, il convient de préciser que l'ICPE la plus proche se trouve à environ 850 m de l'éolienne E5. Il s'agit de la SCEA MADIPORC qui se situe au lieu-dit de La Garenne sur la commune d'Irais.

III.1.4 INSTALLATIONS NUCLEAIRES DE BASE

D'après le site internet de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN – <http://www.asn.fr/>), aucune Installation Nucléaire de Base n'existe dans un rayon de 500 mètres autour du projet éolien. Au plus proche des éoliennes, l'ASN signale la centrale nucléaire de Civaux, soit à 70 km du projet.

III.1.5 AUTRES ACTIVITES

III.1.5.1 AUTRES ACTIVITES INDUSTRIELLES

Aucune zone industrielle n'est incluse dans un rayon de 500 mètres du projet.

La base de données BASIAS du BRGM dressant l'inventaire des sites industriels et activités de services fait état des sites suivants dans les abords du projet éolien. Seule la commune d'Irais compte deux sites référencés BASIAS. Il s'agit : dans le centre-bourg d'une ancienne station-service (activité terminée) et, au sud du bourg, d'une « décharge brute » (en activité). Ces sites sont situés respectivement à 2 km de l'éolienne E2 et à 800 m de l'éolienne E7.

III.1.5.2 ZONES D'ACTIVITE

Il n'existe aucune zone d'activité dans un rayon de 500 mètres autour du projet éolien.

III.1.5.3 ZONES DE LOISIRS

Aucune zone à vocation de loisirs n'est signalée dans un rayon de 500 mètres autour de l'emprise des éoliennes du projet.

Signalons que la pratique de la pêche au niveau de l'étang de la Beusse est localisée à 2,7 km à l'ouest du projet.

III.1.5.4 ZONE AGRICOLE

Les parcelles sur lesquelles sont implantées les éoliennes, ainsi que celles comprises dans le rayon de 500 mètres autour de celles-ci, correspondent à des cultures et des boisements. **Les sept éoliennes sont toutes implantées sur des cultures.**

Une fois le parc construit, la pratique agricole se poursuivra aux abords directs des éoliennes et il convient donc, au travers de cette étude, d'étudier le risque de collision entre les aérogénérateurs et les engins ou le matériel agricole. Les personnes

susceptibles de participer aux travaux agricoles dans les parcelles considérées constituent des cibles potentiellement exposées aux phénomènes dangereux associés aux installations du projet.

III.1.6 LES ACTES DE MALVEILLANCE

Il convient également d'évoquer la possibilité d'un acte de malveillance sur les éoliennes ou tout autre élément constitutif du parc éolien (sabotage quelconque, déclenchement d'un incendie...).

Les actes de malveillance constituent des événements externes susceptibles de provoquer des accidents sur le site. Si on ne peut exclure la possibilité que ces actes soient l'œuvre de personnels amenés à travailler sur le site (chantier, entretien des installations), la plus grande probabilité reste que ces actes soient l'œuvre de tiers.

Cette probabilité, bien que faible, est difficilement quantifiable. Aussi, son traitement dans cette étude se limitera à l'évoquer lorsqu'elle peut être événement initiateur d'un accident et à rapporter les mesures de lutte. Cette démarche est validée par l'annexe II de l'Arrêté Ministériel du 29 septembre 2005 modifiant l'Arrêté du 10 mai 2000 modifié relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.

Le risque de malveillance n'est pas totalement maîtrisé du fait :

- ✓ Du contexte isolé du parc au sein d'un plateau agricole éloigné des zones habitées ;
- ✓ De l'absence de gardiennage et/ou de surveillance vidéo ;
- ✓ De l'absence de clôtures et d'un accès aisé aux éoliennes (chemins d'accès).

Conformément à l'article 13 de l'arrêté ministériel du 26/08/2011 cité ci-avant, l'exploitant s'assurera que les personnes étrangères n'ont pas libre accès à l'intérieur des aérogénérateurs, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison. Les moyens mis en place pour maîtriser les accès seront les suivants :

- ✓ Fermeture à clé des portes d'accès aux aérogénérateurs et au poste de livraison ;
- ✓ Gestion contrôlée des clés d'accès aux éoliennes.

La probabilité d'occurrence d'un tel acte de malveillance œuvre de personnes étrangères au constructeur retenu ou à l'exploitant est considérée comme très faible.

Ce paramètre ne sera cependant pas pris en compte dans la suite de l'étude en application de l'arrêté du 10 mai 2000 cité ci-avant.

¹ Source : Géoportail

III.2 ENVIRONNEMENT NATUREL

III.2.1 CONTEXTE CLIMATIQUE

Le climat, en Nouvelle-Aquitaine, est de nature océanique aquitain pour la partie charentaise, et océanique ligérien pour la partie poitevine. Les précipitations, réparties sur l'ensemble de l'année, varient environ entre 650 mm et 900 mm, le Nord-est de la région (Nord du département de la Vienne) étant moins arrosé que le Sud-ouest (littoral de la Charente-Maritime). Les hivers sont doux, les étés chauds mais sans excès. La région bénéficie d'un ensoleillement important (plus de 2000 heures par an sur le littoral). Malgré des pluies réparties sur l'ensemble de l'année, l'évapotranspiration est élevée durant les mois d'été de mai à septembre.

La station météorologique de Bressuire sera considérée comme station de référence pour les précipitations, les températures et les vents violents, celle de Poitiers pour le brouillard et l'insolation, celle de Niort sera prise comme référence pour l'orientation des vents. Bressuire dispose de données météorologiques établies sur 29 années (1981-2010) et se situe à 26 km à l'ouest du projet.

III.2.1.4 LA PLUVIOMETRIE

Elle atteint 860 mm/an en moyenne et s'étale sur 109 jours par an. Le mois le plus pluvieux est octobre (environ 103 mm pour 12 jours de pluie). Quant au mois le plus sec, il s'agit de juin avec 41 mm pour 7 jours de pluie.

III.2.1.5 LE BROUILLARD

On recense 52 jours de brouillard par an (jours durant lesquels on constate, ne serait-ce que temporairement, une visibilité inférieure à 1 km).

III.2.1.6 LES TEMPERATURES

Les moyennes annuelles enregistrées sont de 7,4°C pour les valeurs minimales et de 16,4°C pour les valeurs maximales. Les mois les plus froids sont décembre et janvier (moyenne mensuelle de 5°C) et les mois les plus chauds sont juillet et août (moyenne mensuelle de 19,7°C).

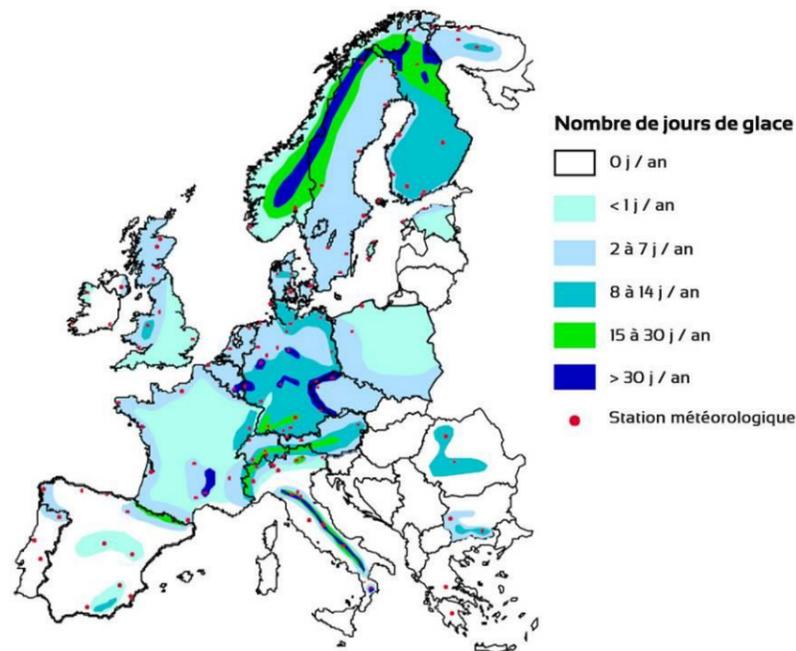


Figure 2 – Distribution du nombre de jours de glace en Europe (Source WECO 2009)

D'après la Figure 2, le nombre moyen de jours de glace par an est compris entre 2 et 7 sur la commune d'Irais (située en limite de répartition <1 et 2 à 7 j/an). Pour information, les données statistiques de la station de Bressuire indiquent 5,3 j de fortes gelées par an (< -5 °C) et 4,3 j par an sans dégel (< 0°C).

Ce paramètre sera retenu dans la suite de l'étude car la présence de glace ou de givre sur les pales peut entraîner des projections constituant un risque (bien que limité) pour les promeneurs, les usagers du site et le personnel intervenant du parc éolien.

III.2.1.7 L'INSOLATION

Elle est proche de 1900 heures. Les mois les plus ensoleillés sont juillet et août ; les plus nuageux sont janvier et décembre.

III.2.1.8 LES VENTS

La fréquence des vents violents (jours pendant lesquels on enregistre des rafales dont la vitesse est supérieure à 58 km/h) est modérée : 42 jours environ par an, pour la station de Poitiers (44 jours pour la station de Niort).

Dans la région Poitou-Charentes, les fréquences de vents violents varient de 37 à 48 jours par an. Cette fréquence peut être supérieure à 100 jours pour certains secteurs situés dans le sud-est.

Comme le montre la rose des vents et le tableau de répartition des fréquences d'apparition des vitesses de vent et le tableau de répartition des fréquences d'apparition des vitesses de vent ci-dessous, le climat du secteur se caractérise par un régime de vents dominants venant du nord-est et dans une moindre mesure du sud-ouest.

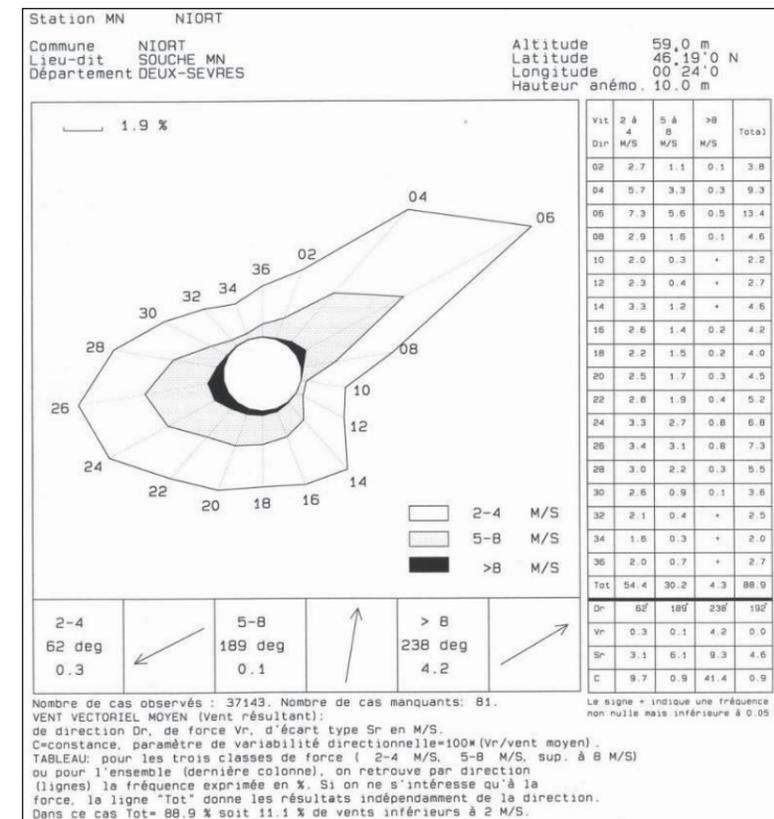


Figure 3 – Rose des vents Niort (Source : Météo France)

Les vents forts peuvent conduire à des efforts significatifs sur l'éolienne. Celle-ci est néanmoins conçue pour répondre à une classe de vents adaptée au site d'implantation. Les vitesses de vent importantes conduisent à la mise en drapeau des pales (au-delà de 25 m/s soit plus de 90 km/h pour la N112/3000).

III.2.1.9 VERGLAS ET NEIGE

Les températures négatives associées à des conditions d'hygrométrie particulières, peuvent conduire à la formation de givre et de glace sur les pales ou sur la nacelle. Un temps neigeux peut également être à l'origine d'accumulation de neige compactée sur les pales. En région Nouvelle-Aquitaine, la neige ne dure jamais longtemps, et les gelées sont de courte durée.

Les règles NV 65 (cf. Figure 4) ont pour objet de fixer les valeurs des surcharges climatiques (neige et vent) et de donner des méthodes d'évaluation des efforts correspondant sur l'ensemble d'une construction ou sur ses différentes parties et en référence au document technique unifié (DTU) 06-002 d'avril 2000. D'après ces règles, le département des Deux-Sèvres est situé en zone A1 pour la neige, c'est-à-dire la zone géographique identifiée comme concernée par les charges de neige les plus faibles au niveau national.

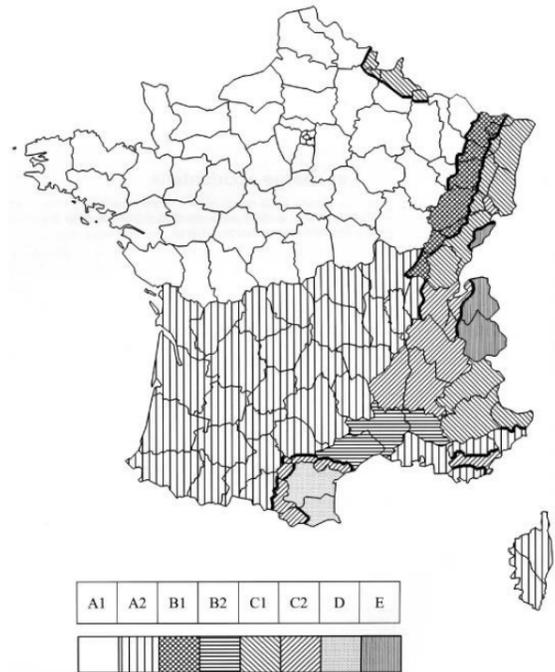


Figure 4 – Calcul de neige selon les départements (Source : ICAB)

Rappelons également que les basses températures peuvent affecter le fonctionnement de certains composants ou diminuer certaines performances (la viscosité des huiles augmente avec la diminution de la température).

Les éoliennes Vestas V112/3000 sont construites en standard pour fonctionner sous des températures ambiantes allant de -20°C à +45°C.

III.2.2 RISQUES NATURELS

III.2.2.1 LE RISQUES D'INONDATION

Des zones inondables sont présentes à Availles-Thouarsais et à Saint-Généroux **sans** toutefois **concerner** l'aire d'étude immédiate et donc **la zone d'implantation des éoliennes**. Ces deux communes sont soumises à un Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) Inondations, le PPR inondation de la vallée du Thouet. La commune d'Irais n'est pas concernée par le risque inondation.

C'est pourquoi, ce risque ne sera pas pris en compte dans la suite de l'étude.

III.2.2.2 LES RISQUES LIÉS AUX ALÉAS CLIMATIQUES

Les communes d'Irais et d'Availles-Thouarsais sont soumises au risque d'aléas climatiques.

A l'image de l'ensemble des communes du département, ces communes sont soumises au risque de tempête, de grand froid, neige, verglas, canicule...

A titre d'information, en ce qui concerne les arrêtés de catastrophe naturelle (source : Géorisques), les communes d'Irais, et d'Availles-Thouarsais sont concernées par les arrêtés suivants :

Tableau 5 – Arrêtés de catastrophe naturelle

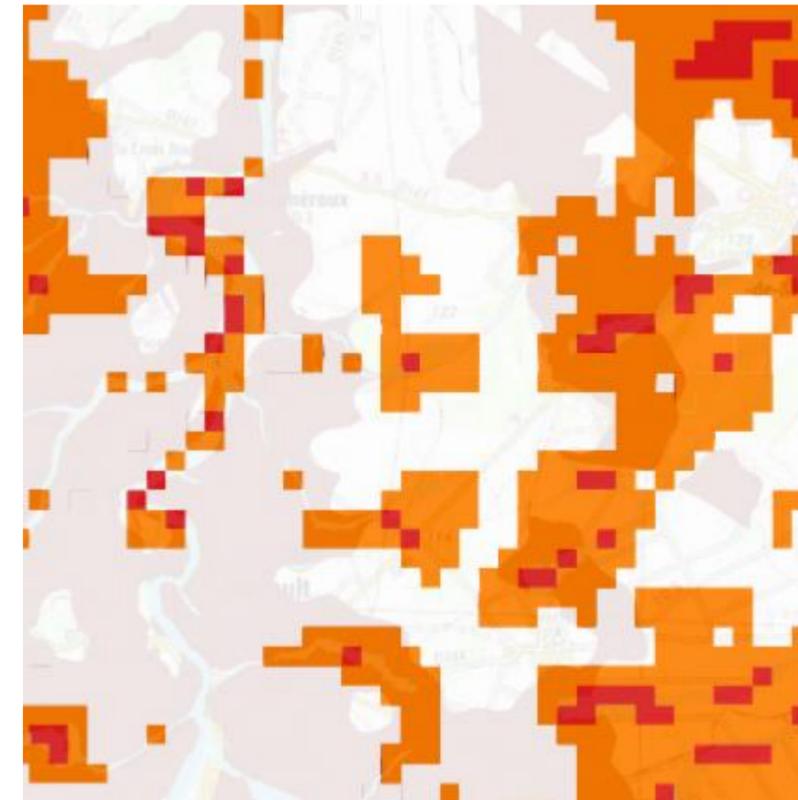
	IRAIS	AVAILLES-THOUARSAIS
Inondations et coulées de boue	11/01/1983	11/01/1983
	16/05/1983	16/05/1983
	24/12/2008	06/02/1995
	23/07/2018	
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999	29/12/1999
	01/03/2010	01/03/2010
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	18/09/2018	/

III.2.2.3 RISQUES DE REMONTEES DE NAPPES

Comme l'illustre la carte de la [Figure 5](#), la zone d'implantation des éoliennes se trouve pour partie en « zones potentiellement sujettes aux inondations de caves » et pour partie en zone « pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave ».

Remarque

Il est important de préciser que préalablement à toute construction du parc éolien, une étude des sols (approche pédologique et approche géotechnique) des secteurs d'implantation des éoliennes sera menée par un bureau d'études spécialisé. Il s'agira de déterminer le type de fondation le plus adapté aux caractéristiques des sols et de vérifier l'absence de cavités au droit des secteurs aménagés.



▼ Zones sensibles aux remontées de nappes

- Zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe
- Zones potentiellement sujettes aux inondations de cave
- Pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave

Figure 5 – Extrait de la carte des zones sensibles aux remontées de nappes (Source : Géorisques)

Remarque

Il est important de préciser que préalablement à toute construction du parc éolien, une étude des sols (approche pédologique et approche géotechnique) des secteurs d'implantation des éoliennes sera menée par un bureau d'études spécialisé. Il s'agira de déterminer le type de fondation le plus adapté aux caractéristiques des sols et de vérifier l'absence de cavités au droit des secteurs aménagés.

Un bureau d'étude spécialisé réalisera une étude de sol précise au niveau de chaque emplacement prévu des éoliennes (approche pédologique et approche géotechnique) en réalisant des carottages de sol qui permettront de déterminer les propriétés physiques du sol. Ces informations seront ensuite utilisées dans le cadre d'une étude de conception « G2 phase Projet » selon la norme des missions géotechniques (NFP94-500 révisée en Novembre 2013) qui permettra d'établir un cahier des charges précis à l'usage de l'entreprise qui aura la charge de la réalisation des fondations des éoliennes.

Les Normes et documents utilisés pour la réalisation de l'étude géotechnique sont les suivantes :

Le rapport d'études de sol s'appuie sur tous les documents et réglementations en vigueur dans le domaine de la construction et plus particulièrement :

- Eurocode 7 EN 1997 dimensionnement géotechnique – partie 1 : règles générales
- Norme NFP94-262 : norme d'application française - fondations profondes
- Norme NFP94-261 : norme d'application française fondations superficielles
- Recommandations sur la conception, le calcul, l'exécution et le contrôle des fondations d'éoliennes
- Recommandations pour la conception, le dimensionnement, l'exécution et le contrôle de l'amélioration des sols de fondation par inclusions rigides.

L'étude géotechnique qui sera réalisée pour le compte de la Ferme éolienne d'Irais aura pour objectifs de :

- décrire les préconisations relatives aux terrassements,
- décrire les recommandations associées à l'amélioration des sols,
- déterminer, à partir de l'étude des descentes de charges (carottage du sol), les contraintes maximales et de référence ainsi que la surface de compression pour chaque cas de chargement des éoliennes,
- déterminer les capacités portantes des inclusions,
- déduire les mailles permettant de limiter les déformations sous les contraintes de référence,
- proposer un plan d'implantation adéquat avec les mailles retenues.

Dans le cadre du présent projet, précisons que chaque fondation sera adaptée aux caractéristiques locales du sol à l'issue des carottages qui seront effectuées. La maîtrise du risque est bonne dans la mesure où il est techniquement simple d'adapter une fondation à toutes les caractéristiques de sol.

III.2.2.6 RISQUE DE TEMPETE

A l'instar de l'ensemble des communes des Deux-Sèvres, Irais et Availles-Thouarsais sont concernées par le risque de tempête. Ce risque est donc logiquement pris en compte dans la suite de l'étude.

Comme il était précisé précédemment, les vents forts peuvent conduire à des efforts significatifs sur l'éolienne, qui est de ce fait conçue pour répondre à une classe de vents adaptée au site d'implantation. Au-delà de 25 m/s (plus de 90 km/h), les éoliennes Vestas V112/3000 sont automatiquement mises en drapeau³ pour limiter les risques.

III.2.2.7 LA Foudre

La foudre est un phénomène très complexe à effets multiples. Ces effets sont les suivants :

- Effets thermiques liés à l'effet Joule dans les mauvais conducteurs (matières plastiques, béton) ;
- Montées en potentiel de prises de terre ;
- Effets d'induction ;
- Effets électrodynamiques.

Les éoliennes constituent des points hauts dans un paysage et sont donc des installations sujettes au foudroiement. Sur l'éolienne, l'impact de foudre peut avoir pour conséquences :

- Des phénomènes de bris de pales liés aux effets thermiques. L'extrémité de pale est l'endroit le plus exposé. Le morceau de pale endommagé peut rester accroché au reste de la pale et se décrocher ultérieurement sous l'effet de la vitesse de rotation ;
- Des phénomènes de surtension dans les circuits et composants électriques, conduisant à des courts-circuits et à un incendie ;
- Des phénomènes d'induction pouvant amener des effets similaires.

La densité de foudroiement correspond au nombre de coups de foudre enregistrés au sol par kilomètre carré et par an sur un territoire donné. Elle est mesurée à 0,65 arcs/km²/an sur la commune d'Irais et à 0,59 arcs/km²/an sur la commune d'Availles-Thouarsais. Cette valeur est inférieure à la moyenne nationale (1,12 arcs/km²/an). A titre de comparaison, on considère cette densité faible en-dessous de 1,6 arcs/km²/an.

Tableau 7 – Densité de foudroiement

FOUDRE	
Densité d'arcs de foudre Da par km ² et par an sur Irais	0,65 arcs/km ² /an
Densité d'arcs de foudre Da par km ² et par an sur Availles-Thouarsais	0,59 arcs/km ² /an
Densité moyenne d'arcs de foudre Da par km ² et par an en France	1,12 arcs/km ² /an

III.2.2.8 FEUX DE FORET

La déclaration d'un incendie – qu'il soit d'origine naturelle (foudre), criminelle (acte de malveillance) ou d'origine humaine mais involontaire (travaux, imprudence...) – dans un massif boisé pourrait porter préjudice au parc en se propageant aux éoliennes.

Il convient de noter que la majeure partie de la zone est occupée par des cultures. Cependant des boisements sont également présents :

- ✓ E1, E3 et E7 se trouvent à 100 m d'un boisement ;
- ✓ E5 et E6 à 120 m ;
- ✓ E2 à 140 m ;
- ✓ E4 à 200 m.

III.3 ENVIRONNEMENT MATERIEL

III.3.1 VOIES DE COMMUNICATION

³ A noter qu'il existe différents systèmes de freinage des pales afin de réguler la vitesse d'une éolienne (régulation aérodynamique, régulation mécanique ou régulation électronique). La mise en drapeau c'est lorsque l'hélice articulée se met parallèle au vent.

III.3.1.1 LES ROUTES

Il convient de signaler qu'aucune route structurante (> 2000 véhicules/jour) ne se trouve à proximité du projet éolien d'Irais (500 m). En effet, le projet éolien est entouré d'axes départementaux et communaux présentant un trafic faible à très faible.

Les routes les plus proches du site d'étude sont :

- ✓ Une route sans nom (sur l'IGN) qui passe à proximité immédiate du projet : soulignons qu'il s'agit d'une route communale faiblement fréquentée ;
- ✓ La RD 46 qui passe au sud et sud-est du projet ;
- ✓ La RD 147 qui passe au nord du projet ;
- ✓ La RD 147 E qui passe à l'est du projet ;
- ✓ La RD 145 qui passe à l'ouest du projet ;
- ✓ La RD 121 qui passe à l'ouest du projet.

Tableau 8 – Distances des différentes infrastructures routières aux éoliennes les plus proches

INFRASTRUCTURES ROUTIERES	EOLIENNE LA PLUS PROCHE	DISTANCES
Route sans nom (sur l'IGN) : route communale	E4	Environ 50 m
RD 46	E7	Environ 950 m
RD 147	E2	Environ 1,1 km
RD 147 E	E6	Environ 1,1 km
RD 145	E1	Environ 1,7 km
RD 121	E1	Environ 2,1 km

III.3.1.2 LES VOIES FERREES

Il n'existe pas de voie ferrée dans la zone d'étude.

III.3.1.3 LES VOIES NAVIGABLES

Il n'existe pas de cours d'eaux considérés par l'Etablissement public Voies navigables de France (VNF) comme une voie navigable ou dédiée au transport à proximité du parc éolien.

III.3.1.4 LES VOIES AERIENNES

Aucun axe ou servitude des services aériens civils ou militaires susceptibles d'être impactés par le projet éolien ne se situe dans la zone d'étude.

III.3.1.5 RISQUE DE TRANSPORT DE MATIERES DANGEREUSES HORS CANALISATIONS

Le département des Deux-Sèvres est concerné par le risque TMD (Transport de Matières Dangereuses) sur l'ensemble de son territoire par des voies routières, par rail ou par canalisation.

Les communes de Saint-Généroux, Irais et Aailles-Thouarsais ne sont pas classées comme communes prioritaires pour le risque TMD, contrairement à Airvault.

Le risque lié au transport de matières dangereuses fait référence au risque d'accident susceptible d'intervenir au cours du transport de diverses matières dangereuses pour la santé, la sécurité et/ou l'environnement, que ce soit par voie routière, ferroviaire, aériennes ou fluviale.

⁴ Cf. <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/1974/1097/transport-matieres-dangereuses.html>

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.

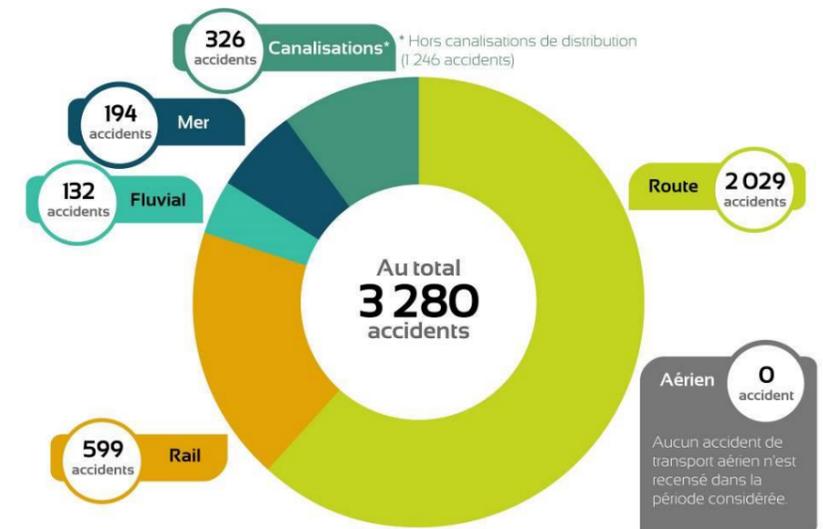
Selon les matières transportées, les effets à craindre lors d'un accident de transport de matières dangereuses sont de 4 types :

- **Effets thermiques**, dus à la combustion d'un produit inflammable ou à une explosion. Il en résulte des brûlures plus ou moins graves ;
- **Effets mécaniques dus à la surpression**, résultant d'une onde de choc provoquée par une explosion. Il en résulte des lésions aux tympans, poumons... ;
- **Effets toxiques** résultent de l'inhalation, de contact ou d'ingestion d'une substance chimique toxique suite à une fuite ou à l'inflammation de produits toxiques. Les effets peuvent être, par exemple, un œdème du poumon ou une atteinte au système nerveux ;
- **Effets des substances radioactives** : rayonnements ionisants qui peuvent atteindre tous les organes et organismes vivants.

Par ailleurs, selon la nature des produits transportés, un épandage dû à une fuite, peut engendrer une pollution du milieu naturel.

Le document *Elaboration d'un modèle d'évaluation quantitative des risques pour le transport multimodal de matières dangereuses* (INERIS, août 2003) précise les distances maximales pour différents effets (effets dominos, effets létaux, effets irréversibles) pour différents scénarii accidentels susceptibles de survenir sur des citernes ferroviaires contenant des matières dangereuses. Ces distances sont applicables au transport routier, bien que les capacités des citernes soient moindres.

Selon la base ARIA⁴ du Bureau d'analyses des risques et pollutions industriels (BARPI), 3 280 accidents survenus lors de transports de matières dangereuses, sont recensés entre 1992 et 2011. Les accidents de transport de matières dangereuses surviennent majoritairement sur la route (62 %). 18 % concernent un transport par rail, 6 % par mer et 4 % par voie fluviale. La route est toutefois le moyen le plus utilisé pour transporter les matières dangereuses, ce qui explique la fréquence importante des accidents.



Source: MEDDTL - base ARIA (janvier 2012) - Accidents recensés dans la base ARIA entre 1992 et 2011

En 2017, la base de données ARIA a enregistré 174 événements liés au transport de matières dangereuses. Ils ont entraîné des pertes de matières dangereuses dans 63 % des cas, des incendies dans 20 % des cas, une atteinte à une capacité sans rejet dans 18 % des cas et des explosions dans 4 % des cas⁵.

Tableau 9 – Distance d'effets pour plusieurs scénarii accidentels susceptibles de survenir sur des citernes ferroviaires de Transport de Matières Dangereuses (Source : INERIS, 2003)

⁵ Inventaire des accidents technologiques survenus en 2017 - BARPI

PRODUIT	PHENOMENE	DISTANCE AUX EFFETS DOMINOS (M)	DISTANCE AUX EFFETS LETAUX (M)	DISTANCE AUX EFFETS IRREVERSIBLES (M)
Non dangereux	Incendie faible	13	17	20
Non dangereux	Incendie violent	25	33	40
Supercarburant	Feu de nappe	35	50	65
Supercarburant	VCE ⁶	-	170	-
Chlore	Rejet	-	4 730	-
GPL	BLEVE ⁷	-	240	-
GPL	VCE	-	110	-
GPL	Feu torche	-	160	-
Ammoniac	Rejet	-	750	-

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

Le *Tableau 10* présente la comparaison de l'accidentologie du transport de produits chimiques (période 1998-2003) :

Tableau 10 – Comparaison de l'accidentologie du transport de produits chimiques

MODE DE TRANSPORT	NOMBRE ACCIDENTS GRAVES/AN	MILLIONS DE TONNES TRANSPORTEES PAR AN	NOMBRE ACCIDENTS GRAVES PAR MT TRANSPORTEE
Route	19	27	0.70
Fer	3.5	8.5	0.41
Mer	1.2	6.1	0.19
Fluvial	0.2	1.3	0.13
Canalisation	0.2	7.7	0.02

III.3.2 RESEAUX PUBLICS ET PRIVES

III.3.2.1 LIGNES DE TRANSPORT D'ENERGIE ELECTRIQUE

Une ligne électrique est recensée sur la zone de projet. La réalisation du projet respectera la réglementation en vigueur et en particulier les dispositions relatives aux travaux au voisinage des lignes, canalisations et installations électriques figurant aux articles R 4534-107 et suivants du Code du Travail. De plus, le maître d'ouvrage a prévu des distances d'éloignement suffisantes entre les éoliennes et la ligne, afin de limiter le risque de chute ou de projection de matériaux (givre, éclatement de pôle, ...). Les éoliennes sont implantées à une distance supérieure à leur hauteur (pales comprises) majorée d'une distance de sécurité de 10 m par rapport à l'axe de la ligne. L'éolienne la plus proche de la ligne (E3) est ainsi située à 185 m de la ligne électrique (cf. *Carte 10*)

III.3.2.2 LES CANALISATIONS DE TRANSPORT DE MATIERES DANGEREUSES

Il existe 50 200 km de canalisations utilisables pour le Transport de Matières Dangereuses (TMD) en France répartis de la manière suivante :

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

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

Bien qu'ils soient rares, les accidents sur les canalisations peuvent être très graves (Ghislenghien en Belgique le 30 juillet 2004, et en France, Rosteig le 28 juillet 1989, Villepinte le 5 octobre 1985).

Les accidents liés aux canalisations de transport consistent nécessairement en une perte de confinement qui peut avoir comme cause :

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

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

Par ailleurs, d'après le site Géorisques, les communes d'implantation du parc éolien d'Irais ne sont pas soumises au risque TMD (canalisations de matières dangereuses). En effet, aucune canalisation de matières dangereuses ne passe à proximité du projet éolien.

III.3.2.3 RESEAUX D'ASSAINISSEMENT

Il convient de signaler que les stations d'épuration les plus proches du site d'étude se trouvent à environ 3,5 km au sud du projet et à environ 4 km au nord-est du site d'étude. Il s'agit des stations d'épuration de la STEU Airvault Borcq et celle de la commune de Saint-Jouin-de-Marnes.

III.3.2.4 RESEAUX D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

L'Agence Régionale de Santé (ARS) de Nouvelle-Aquitaine signale que le secteur prévu pour la réalisation du projet n'est concerné par aucun périmètre de protection de captage d'eau.

Aucune zone de baignade n'est située à l'aval proche de l'aire d'étude immédiate⁸.

⁶ VCE : Vapour Cloud Explosion (Explosion d'un nuage de gaz)

⁷ BLEVE : Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (Explosion de gaz en expansion provenant d'un liquide en ébullition)

⁸ Source : site internet du Ministère chargé de la Santé – Qualité des eaux de baignade

III.3.3 AUTRES OUVRAGES PUBLICS

Il n'existe aucun autre ouvrage de type barrage, digue, château d'eau, bassin de rétention... dans la zone d'étude.

III.3.4 RADARS

Aucun radar (militaire ou hydrométéorologique) susceptible d'être impacté par le projet éolien ne se situe dans la zone d'étude.

III.3.5 SERVITUDES RADIOELECTRIQUES

Le SDIS (Service Départemental d'Incendie et de Secours) indique qu'il n'existe pas de faisceaux hertziens propres à leurs services sur ce secteur.

De plus, le SGAMI (Secrétariat Général pour l'Administration du Ministère de l'Intérieur) du Sud-Ouest ne recense aucune servitude radioélectrique ayant un effet sur la zone de projet.

III.4 CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

La méthode de comptage des enjeux humains se base (pour chacune des catégories de secteurs identifiés sur le site d'étude) sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers :

- ✓ **Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés** (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : 1 personne par tranche de 100 ha ;
- ✓ **Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés** (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gares de triage...) : 1 personne par tranche de 10 hectares ;
- ✓ **Pour les voies de circulation automobile** (voies de circulation structurantes : trafic journalier supérieur à 2 000 véhicules/jour) : 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.
- ✓ **Pour les voies ferroviaires** (train de voyageurs) : compter 1 train équivalent à 100 véhicules (soit 0,4 personne exposée en permanence par km et par train), comptant le nombre réel de trains circulant quotidiennement sur la voie.
- ✓ **Pour les chemins de promenade, de randonnée** : compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne.

Le nombre de personnes et les surfaces ou longueurs associés à chaque secteur, ainsi que le nombre total de personnes potentiellement impactées pour chaque éolienne est repris dans le [Tableau 11](#) récapitulant les enjeux sous influence des effets potentiels des phénomènes dangereux dans un rayon de 500 m autour des aérogénérateurs.

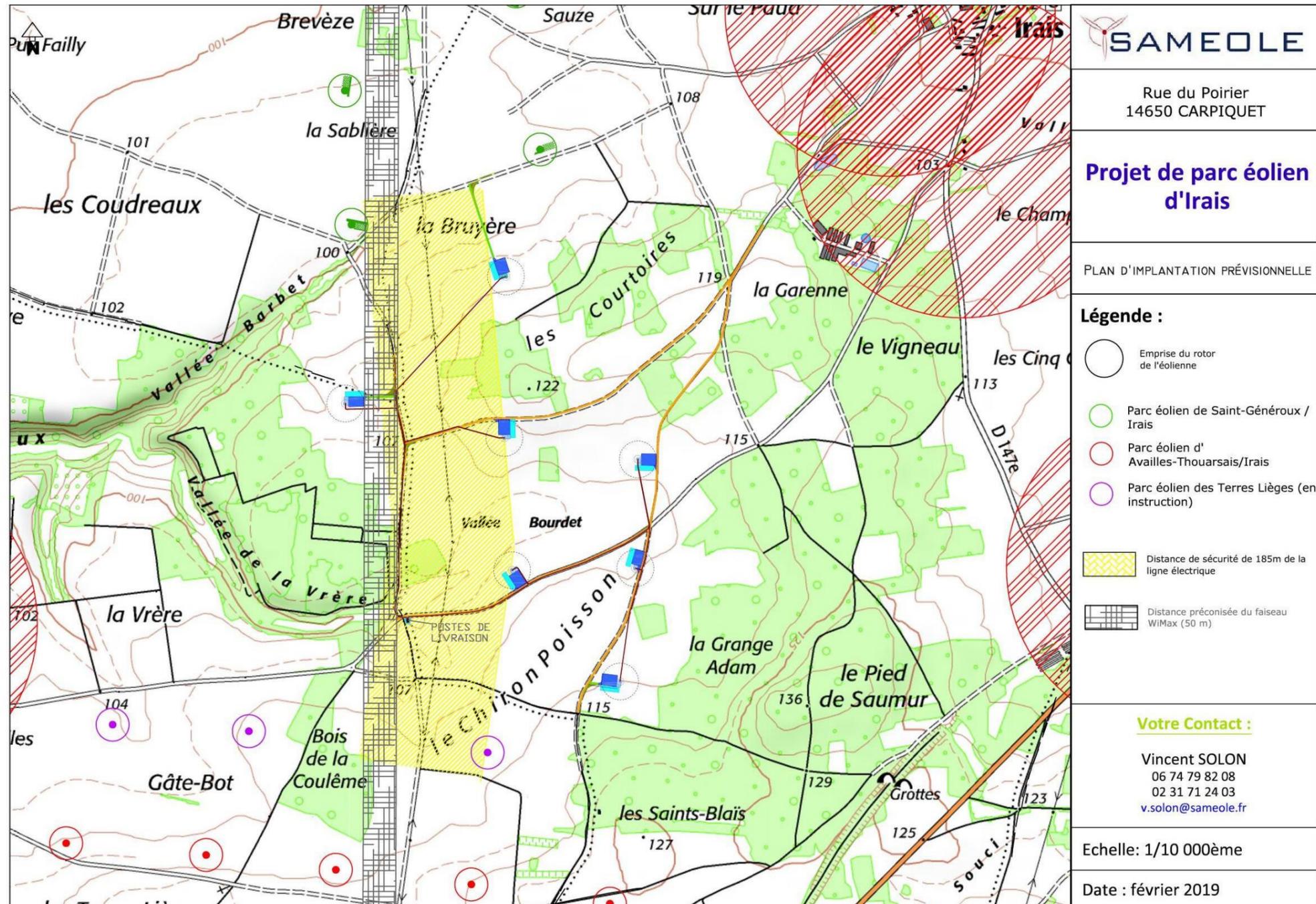
Eolienne	Terrains non bâtis				Voies de circulation structurantes (> 2000 véh/j), voies ferroviaires, voies navigables, chemins de randonnées	Logements	Etablissements recevant du public (ERP)	Zones d'activités	Nombre total de personnes potentiellement impactées dans un rayon de 500 m autour de chaque éolienne
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés :		Terrains aménagés mais peu fréquentés :						
	Champs, prairies, boisements		Voies de circulation non structurantes, chemins agricoles						
Surface (ha) délimitée par un rayon de 500m autour de chaque éolienne	Nombre de personnes potentiellement présentes sur les terrains non aménagés et très peu fréquentés dans un rayon de 500 m autour de chaque éolienne	Surface (ha) délimitée par un rayon de 500 m autour de chaque éolienne	Nombre de personnes potentiellement présentes sur les terrains aménagés mais très peu fréquentés dans un rayon de 500 m autour de chaque éolienne						
E1	77,040	0,770	1,456	0,146	0	0	0	0	0,916
E2	76,133	0,761	2,367	0,237	0	0	0	0	0,998
E3	76,715	0,767	1,786	0,179	0	0	0	0	0,946
E4	76,399	0,764	2,101	0,210	0	0	0	0	0,974
E5	76,368	0,764	2,132	0,213	0	0	0	0	0,977
E6	77,115	0,771	1,385	0,139	0	0	0	0	0,910
E7	76,463	0,765	2,038	0,204	0	0	0	0	0,968

Tableau 11 – Synthèse des enjeux et du nombre de personnes potentiellement impactées dans un rayon de 500 m autour de chaque éolienne

La **Carte 10** ci-après présente les enjeux à protéger dans la zone de 500 m autour du futur parc éolien :

- ✓ Les enjeux humains exposés par secteur : champs, routes, habitation ;
- ✓ La localisation des biens, infrastructures et autres établissements.

Précisons que les cartes de l'occupation des sols de chaque éolienne ont été présentées précédemment (cf. **Carte 2, Carte 3, Carte 4, Carte 5, Carte 6, Carte 7 et Carte 8**)



Carte 10 – Carte de synthèse des enjeux au sol pour chaque éolienne

IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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

IV.1 CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

IV.1.1 CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN⁹

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe IV.3.1) :

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage »
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le poste de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien »)
- Le poste 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 poste 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

IV.1.1.1 ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN AEROGENERATEUR

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Le rotor** qui est composé de trois pales 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 qui transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - Le multiplicateur ;
 - 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.

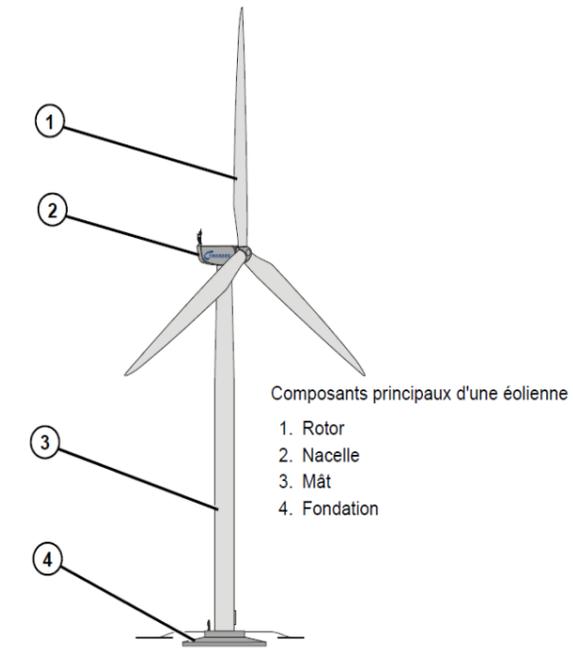


Figure 8 – Schéma simplifié d'un aérogénérateur

IV.1.1.2 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.

⁹ Selon la réglementation, une installation soumise à la rubrique 2980 des installations classées correspond à un parc éolien exploité par un seul et même exploitant. Dans un souci de simplification, nous emploierons indifféremment les termes « parc éolien » ou « installation » dans le présent guide technique.

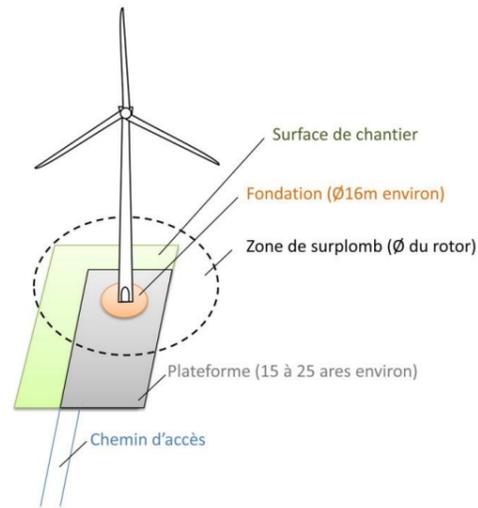


Figure 9 – Illustration des emprises au sol d'une éolienne

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

IV.1.1.3 CHEMINS D'ACCES

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

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

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

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

IV.1.2 ACTIVITE DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien d'Irais est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) maximale en bout de pale de 175,3 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

IV.1.3 COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien d'Irais est composé de 7 aérogénérateurs et de deux postes de livraison.

Le modèle envisagé est le modèle V112/3000 (Vestas).

Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 119 mètres (soit une hauteur de mât de 116,6 mètres au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor de 112 mètres, soit une hauteur maximale en bout de pale de 175,3 mètres.

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

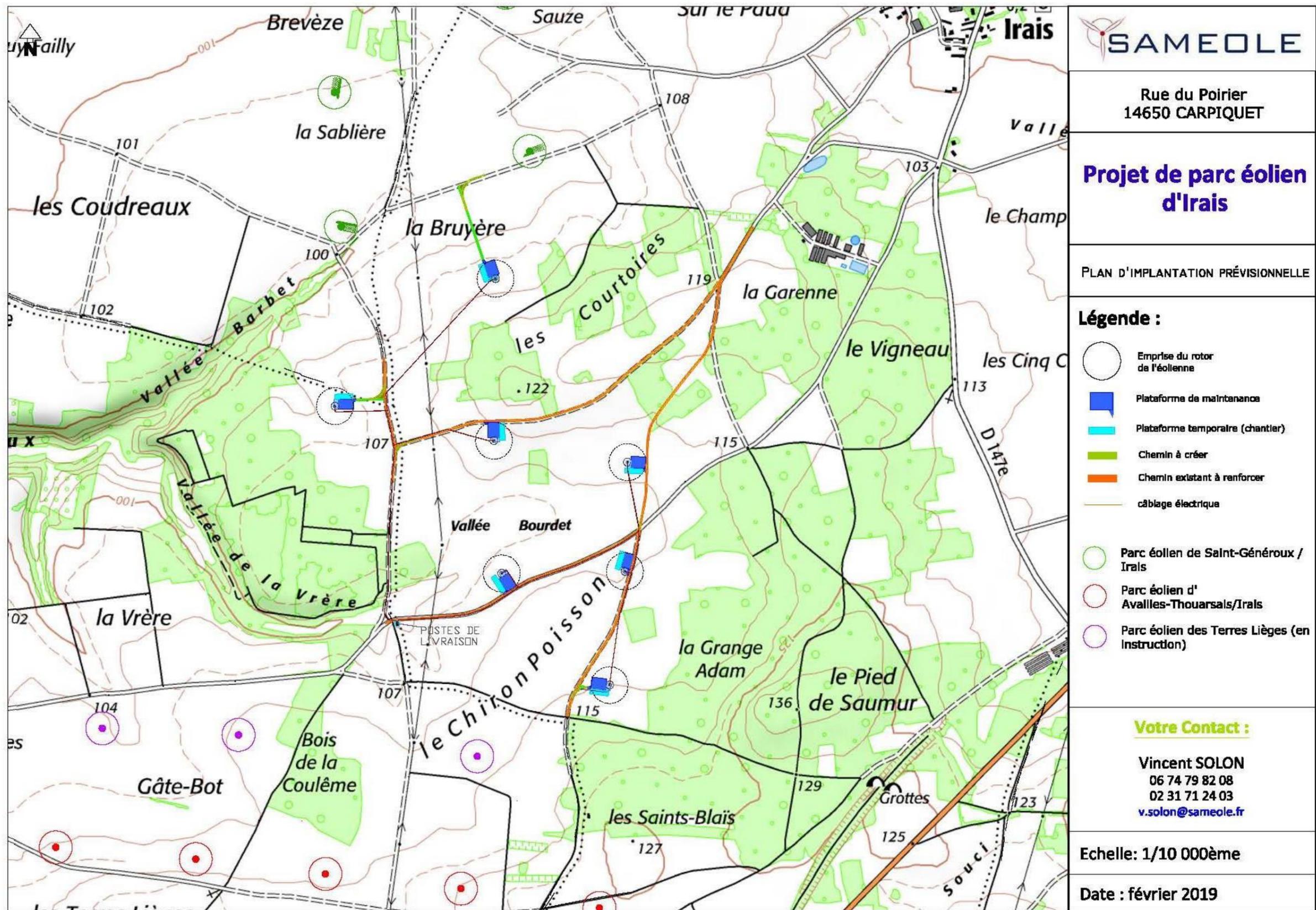
Tableau 12 – Coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison

	LAMBERT 93		WGS 84		LAMBERT II E	
	X	Y	Latitude (N)	Longitude (O)	X	Y
E1	462 512,41	6 645 359,17	0°7'6.53" O	46°51'58.28" N	412 868,26	2 210 287,68
E2	462 998,68	6 645 744,83	0°6'44.28" O	46°52'11.40" N	413 351,73	2 210 677,66
E3	462 993,90	6 645 254,95	0°6'43.60" O	46°51'55.52" N	413 350,99	2 210 187,36
E4	463 017,29	6 644 853,14	0°6'41.75" O	46°51'42.54" N	413 377,72	2 209 785,43
E5	463 398,24	6 645 189,76	0°6'24.38" O	46°51'53.93" N	413 756,19	2 210 125,46
E6	463 390,73	6 644 859,29	0°6'24.12" O	46°51'43.22" N	413 751,41	2 209 794,67
E7	463 344,15	6 644 515,33	0°6'25.68" O	46°51'32.02" N	413 707,63	2 209 450,06
PDL1	462 699,79	6 644 699,97	0°6'56.45" O	46°51'37.17" N	413 061,24	2 209 629,52
PDL2	462 702,48	6 644 700,16	0°6'56.32" O	46°51'37.18" N	413 063,93	2 209 629,73

Les altitudes des éoliennes et postes de livraison sont données dans le tableau suivant :

Tableau 13 – Niveaux NGF (source : SAMEOLE)

NIVEAUX NGF		
	NIV. NGF AV	NIV. NGF POINT HAUT
Eolienne n°1	106,1	281,2
Eolienne n°2	108,35	283,45
Eolienne n°3	112,3	287,4
Eolienne n°4	109,07	284,17
Eolienne n°5	111,74	286,84
Eolienne n°6	109,92	285,02
Eolienne n°7	115,45	290,55
Poste de livraison 1	105,35	107,83
Poste de livraison 2	105,35	107,83



Carte 11 – Plan détaillé de l'installation

IV.2 FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

IV.2.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

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

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

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

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

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

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

Caractéristiques physiques	
Hauteur maxi des parties fixe et mobile	175,3 m
Hauteur maxi de la partie fixe	119 m
Diamètre de la base de la tour	3,9 m
Couleur	Blanc
Caractéristiques de fonctionnement	
Puissance nominale	3 MW
Vitesse de vent au démarrage	3 m/s
Vitesse de vent au décrochage	25 m/s
Vitesse nominale du vent	15,5 m/s
Rotor	
Type de rotor	Face au vent avec ajustage actif des pales
Nombre de pales	3
Diamètre du rotor	112 m
Mât	
Type de mât	Tubulaire
Nombre de sections	5
Génératrice	Asynchrone
Fondations	
Diamètre des fondations	20 à 25 m
Schéma	Voir ci-après

Caractéristiques des éoliennes V112/3000 (Source : VESTAS)

IV.2.2 SECURITE DE L'INSTALLATION

IV.2.2.1 REGLES DE CONCEPTION ET SYSTEME QUALITE

La liste des codes et standards appliqués pour la construction des éoliennes Vestas, présentée ci-après, n'est pas exhaustive (il y a en effet des centaines de standards applicables). Seuls les principaux standards sont présentés ci-dessous.

- La norme IEC61400-1 intitulée « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi, la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard : IEC61400-1. Les pales respectent le standard IEC61400-1 ; 12 ; 23.
- La génératrice est construite suivant le standard IEC60034.
- La conception du multiplicateur répond aux règles fixées par la norme ISO81400-4.
- La protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4.
- Les éoliennes Vestas répondent aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques, notamment la Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004.
- Les éoliennes Vestas sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air. Le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 12944.

Les divers types de éoliennes font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables.

IV.2.2.2 CONFORMITE AUX PRESCRIPTIONS DE L'ARRETE MINISTERIEL

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

Cela concerne notamment :

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

La description détaillée des différents systèmes de sécurité de l'installation sera quant à elle effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans la partie 7.6.

IV.2.2.3 METHODES ET MOYENS D'INTERVENTION

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

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

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

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

IV.2.3 OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

❖ CONDUITE DU SYSTEME

Les éoliennes sont des équipements de production d'énergie qui sont disposés à l'écart des zones urbanisées et qui ne nécessitent pas de présence permanente de personnel. Bien que certaines opérations nécessitent des interventions sur site, les éoliennes Vestas sont surveillées et pilotées à distance.

Pour cela, les installations Vestas sont équipées d'un système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. Les parcs éoliens sont ainsi reliés à des centres de télésurveillance permettant le diagnostic et l'analyse de leur performance en permanence, ainsi que certaines actions à distance. Ce dispositif assure la transmission de l'alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement.

Il permet également de relancer aussitôt les éoliennes si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. C'est notamment le cas lors des arrêts de l'éolienne par le système normal de commande (en cas de vent faible, de vent fort, de température extérieure trop élevée ou trop basse, de perte du réseau public,...).

Par contre, en cas d'arrêt lié à un déclenchement de capteur de sécurité (déclenchement VOG, déclenchement détecteur d'arc électrique, température haute, pression basse huile, ...), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut avant de pouvoir relancer un démarrage.

En cas d'intervention, des équipes de techniciens sont réparties sur le territoire afin de pouvoir réagir rapidement. Les interventions sont toujours réalisées par une équipe d'au moins deux personnes.

Afin d'assurer la sécurité des équipes intervenantes, un dispositif de prise de commande locale de l'éolienne est disposé en partie basse de la tour. Ainsi, lors des interventions sur l'éolienne, les opérateurs basculent ce dispositif sur « commande locale » ce qui interdit toute action pilotée à distance.

Toute intervention dans le rotor n'est réalisée qu'après le blocage mécanique de celui-ci.

Des dispositifs de consignation électrique sont répartis sur l'ensemble des éléments électriques afin de pouvoir isoler certaines parties et protéger ainsi le personnel intervenant.

Au-delà de certaines vitesses de vent, les interventions sur les équipements ne sont pas autorisées.

❖ FORMATION DES PERSONNELS

Les personnels intervenant sur les éoliennes, tant pour leur montage, que pour leur maintenance, sont des personnels Vestas, formés au poste de travail et informés des risques présentés par l'activité.

Toutes les interventions (pour montage, maintenance, contrôles) font l'objet de 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.

❖ ENTRETIEN PREVENTIF DU MATERIEL

La liste des opérations à effectuer sur les diverses machines ainsi que leur périodicité est définie par des procédures. Les principaux contrôles effectués sont présentés ci-après.

Pour la maintenance, une équipe de techniciens spécialisés est implantée à Niort (79), distante d'environ 75 km du parc éolien. En cas de déviance sur la production ou d'avarie technique, une équipe de maintenance interviendra sur le site.

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

IV.2.4 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 d'Irais.

IV.3 FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

IV.3.1 RACCORDEMENT ELECTRIQUE

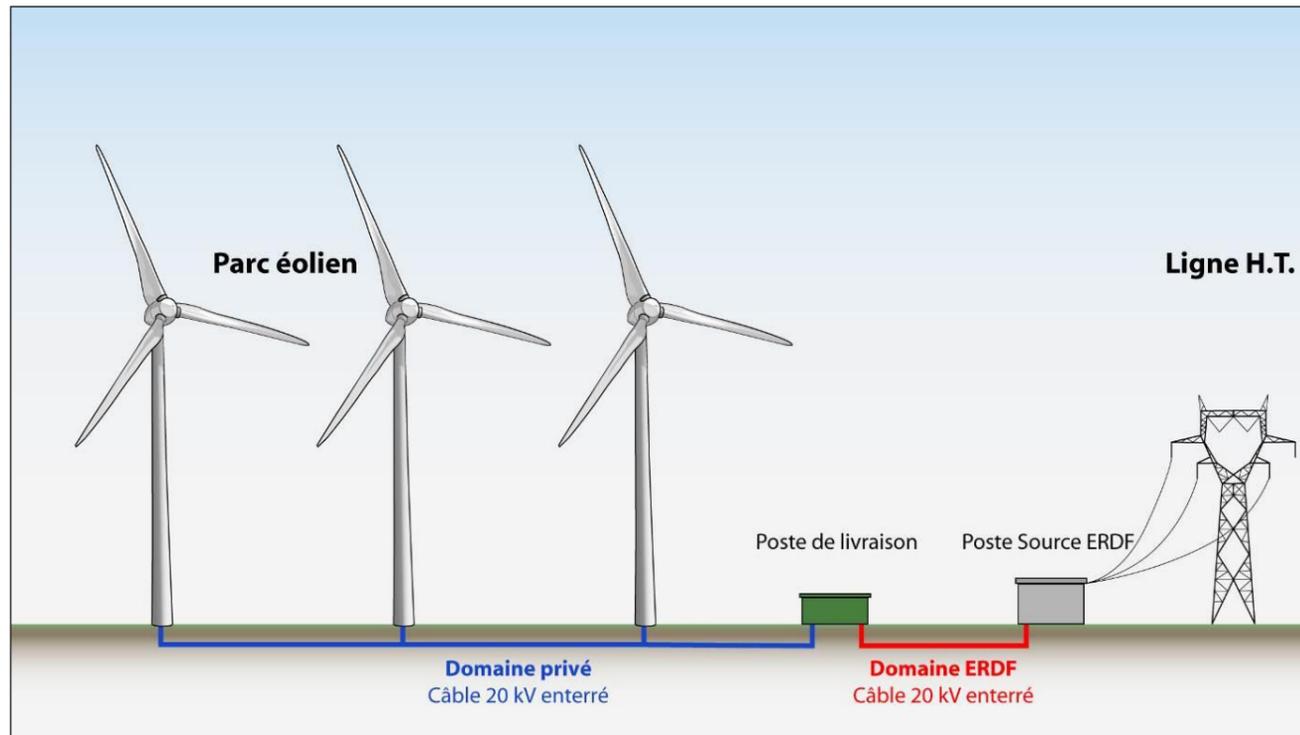


Figure 10 – Raccordement électrique des installations

❖ Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne¹⁰, 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 – de norme NF C33-226 – constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm selon la norme d'installation NF C13-200.

❖ Poste de livraison

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

La localisation exacte 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.

❖ Réseau électrique externe

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

¹⁰ Si le transformateur n'est pas intégré au mât de l'éolienne, il est situé à l'extérieur du mât, à proximité immédiate, dans un local fermé.

I.1.4. AUTRES RESEAUX

Le parc éolien d'Irais ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne sont reliées à aucun réseau de gaz.

V. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

V.1 POTENTIELS DE DANGERS 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, cette activité ne génère pas de déchets, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien d'Irais 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...)

La liste en est fournie dans le tableau suivant :

Tableau 14 – Recensement des produits dangereux présents sur le site

LIEU DE LUBRIFICATION	DESIGNATION	LUBRIFIANT	QUANTITE	CLASSE DE MATIERE DANGEREUSE
Système de refroidissement /Génératrice, /Convertisseur	Varidos FSK 45	Liquide de refroidissement	env. 70 L	Xn
Roulements de la génératrice	Klüberplex BEM 41-132	Graisse	env. 9,4 kg	-
Multiplicateurs, circuits de refroidissement inclus	Mobilgear XMP 320	Huile minérale	450L	-
	Pour CCV : Optigear Synthetic / A320Optigear Synthetic	Huile synthétique	ou 550 L	
		X320Mobilgear SHC XMP 320	650 L	
Système Hydraulique	Shell Tellus S4 VX 32	Huile minérale	env. 25 L	-
Palier de rotor	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	env. 30 kg	-

Roulements d'orientation de pale /Voie de roulement	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	3 x 4,9 kg	-
Engrenage	Ceplattyn BL gleitmo 585 K pour CCV	Graisse Graisse	env. 0,5 kg	-
Engrenage (orientation de pale)	Mobil SHC 629	Huile synthétique	3 x 11 L	-
Engrenage de système d'orientation	Mobil SHC 629	Huile synthétique	3/4 x 21 L	-
Roulements de système d'orientation /Voie de roulement	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	3,8 kg	-
/ Engrenage	Ceplattyn BL gleitmo 585 K pour CCV	Graisse Graisse	env. 0,5 kg	-
Transformateur	-	-	-	-

Nota : Graisse = lubrifiant solide ; huile = lubrifiant liquide.

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.

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien d'Irais sont :

L'incendie : des produits combustibles sont présents sur le site. Ainsi, la présence d'une charge calorifique peut alimenter un incendie en cas de départ de feu.

La toxicité : Ce risque peut survenir suite à un incendie créant certains produits de décomposition nocifs, entraînés dans les fumées de l'incendie.

La pollution : En cas de fuite sur une capacité de stockage, la migration des produits liquides dans le sol peut entraîner une pollution, également en cas d'entraînement dans les eaux d'extinction incendie.

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

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

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 15 – Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation

INSTALLATION OU SYSTEME	FONCTION	PHENOMENE REDOUTE	DANGER POTENTIEL
Système de transmission	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique
Pale	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Energie cinétique d'éléments de pales
Aérogénérateur	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Energie cinétique de chute
Poste de livraison Intérieur de l'aérogénérateur	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute d'éléments	Energie cinétique de projection
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de nacelle	Energie cinétique de chute

V.3 REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE¹¹

V.3.1 PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES LORS DU MONTAGE DES EOLIENNES

Opération	Danger	Condition dangereuse	Préconisations - Mesures préventives
<i>Accès au chantier - Présence de personnes extérieures sur site - Présence d'animaux sauvages sur le site</i>			
Trajet site/domicile, circulation, accès au chantier, public, animaux sur le site	<ul style="list-style-type: none"> - Risque routier - Risque de blessures diverses - Accidents (collision engin-engin, engin-homme,...) - Présence d'animaux d'élevage 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de personnes étrangères au chantier - Topographie accidentée - Mauvaises conditions météo - Comportement agressif des animaux 	<ul style="list-style-type: none"> - respecter les limitations de vitesse. Pour les longs trajets, s'arrêter toutes les 2 heures. - reporter son départ si fatigue suite à une journée de travail intense. - privilégier les transports en commun et le covoiturage. - Installer des panneaux de signalisation de travaux au bord de la route. - placer des panneaux signalant la présence d'ouvriers à l'intérieur de la turbine. - s'assurer qu'aucune personne non autorisée ne puisse avoir accès au site. Les personnes non autorisées doivent se tenir à une distance d'au moins 100 mètres du site. - circuler uniquement sur les pistes aménagées et visiblement délimitées. La vitesse est limitée à 30km/h à l'intérieur du site. - porter en permanence un gilet réfléchissant. - tenir toute personne étrangère à l'extérieur du site. Utiliser casques et chaussures de sécurité (en cours de validité). - empêcher les animaux d'accéder au site.
<i>Base de vie - Zone de stockage</i>			
Entretien de la base de vie, stockage des éléments, manutention	<ul style="list-style-type: none"> - Lésions bénignes. - Blessures graves et irréversibles. - Lésions dorsolombaires. - Chute d'objets. 	<ul style="list-style-type: none"> - Connexion des équipements électriques. - Objets dans les zones de passage. - Stockage de produits chimiques. - Manipulation manuelle et mécanique des charges. 	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenir les zones de travail et de passage en ordre et dans des conditions de propreté adéquates. Ne pas laisser traîner d'objets dans les zones de passage. - Ne pas stocker des produits chimiques dans les bureaux (stockage obligatoire dans le container destiné à cet effet). - Effectuer la réparation et la maintenance des équipements et installations électriques des bases de vie par le fournisseur du bungalow. - Maintenir les câbles et fiches en bon état. Eviter de placer les câbles d'alimentation à des endroits où ils peuvent être écrasés, endommagés ou tirés. - Utiliser des prises de terre pour les équipements qui le nécessitent. - Ne pas manipuler manuellement des charges supérieures à 25 Kg. Respecter les conseils de manutention. - Seul le personnel ayant reçu une formation spécifique peut utiliser les chariots. - Respecter les normes de sécurité propres à la machine ou à l'équipement utilisé. - Eviter tout passage sous des charges suspendues ou éléments qui risquent de se disloquer (prendre des précautions particulières avec la présence de glace sur les pales). - Ne jamais dépasser la charge utile de ces éléments.
<i>Conditions climatiques</i>			
Tous travaux lors de la phase de chantier	<ul style="list-style-type: none"> - Lésions bénignes à graves. - Blessures fatales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Foudre, vitesse de vent, neige, glace. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier les conditions atmosphériques avant de commencer le travail. - Ne pas rester à l'intérieur ou à proximité d'une turbine en cas de risque de foudre. - Interdire le travail dans les éoliennes si la vitesse du vent dépasse 25m/s. - Interdire les travaux de levage si la vitesse de vent supérieurs à 10m/s. - Utiliser le casque pour éviter des blessures lors de la chute d'outils, de pièces ou de glace. - Equiper les véhicules pour les conditions hivernales. - Réduire l'accès au site quand les conditions climatiques sont très mauvaises. - Rester vigilant et se tenir à distance lors du redémarrage de l'éolienne si les pales sont recouvertes de glace.
<i>Travail en hauteur, travail de nuit, manipulation de substances chimiques, équipement personnel de sécurité</i>			
Travaux en hauteur lors de la phase de chantier, stockage et utilisation de produits chimiques	<ul style="list-style-type: none"> - Chute du personnel. - Blessures graves. - Blessures fatales. - Empoisonnements, allergie 	<ul style="list-style-type: none"> - Absence de contrôle d'équipement, mauvaise éclairage, ... 	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôler son équipement de sécurité avant de commencer à travailler. Tout équipement endommagé doit être jeté. - Porter les EPIs (harnais, longe et stop chute) vérifiés et approuvés. - Etre formé aux travaux en hauteur (en cours de validité). - Etre attaché aux points d'ancrages indiqués lors des travaux dans une zone non équipée de protection collective. - S'assurer de bonnes conditions d'éclairage lors du travail de nuit, afin de travailler en toute sécurité. - Maintenir un contact radio permanent entre le superviseur de site, les techniciens et les grutiers. - Lire les instructions des différents documents de sécurité. - Utiliser les protections personnelles obligatoires, telles que gants, lunettes de protection et masques respiratoires. - Porter en permanence des vêtements appropriés. - Avoir un kit anti-pollution en permanence à proximité des produits chimiques (pas dans le container si les produits sont utilisés sur site).

¹¹ Source : Notice Hygiène et Sécurité, ABIES, 2011

Opération	Danger	Condition dangereuse	Préconisations - Mesures préventives
			- Utiliser les équipements de sécurité quand nécessaires. Des équipements de secours doivent se trouver dans la turbine à chaque fois qu'un travail y est en cours.
<i>Déchargement des éléments de l'éolienne</i>			
Opérations de levage en général	- Blessures graves et irréversibles - Dommages matériels	- Chute d'outils ou de pièces - Sol meuble	- Utiliser uniquement des outils testés et certifiés. Utiliser des casques, chaussures de sécurité et gilets réfléchissants. - Maintenir un contact permanent entre le superviseur du montage et le grutier. Garder le contact pendant le déchargement. - Sécuriser la tour, la nacelle et les pales contre le risque de renversement. - Utiliser des calages adéquats. - Sonder le sol avant que le travail de levage ne commence. - Vérifier l'état et les certificats de vérification de la grue et de tous les appareils de levage ainsi que l'habilitation du conducteur. - Décider de la limite de vent pour lever (dépendant des éléments à lever) et se coordonner avec les chefs de manœuvre au sol.
<i>Préparation de la nacelle, du rotor et des pales</i>			
Préparation de la nacelle	- Chute de personnes, d'outils ou de pièces ; - Blessures liées à l'utilisation d'outils	- Utilisation de l'échelle - Déplacement sur le toit de la nacelle	- Favoriser l'utilisation du panier nacelle pour accéder au toit. - Fixer l'échelle portable aux barres antichute en cas d'utilisation. Une personne doit obligatoirement tenir le bas de l'échelle pendant l'installation de la fixation. - Installer une ligne de vie provisoire au centre de la nacelle et s'accrocher dès l'accès au toit. - Porter les EPI. Eviter le travail superposé.
Préparation et montage au sol du rotor	- Chute de pièce - Blessures liées à l'utilisation d'outils	- Travail sous charge suspendue - Utilisation d'outils électriques ou hydrauliques	- Inspecter visuellement les instruments et le matériel de levage avant utilisation. Vérifier les certifications du matériel. - Eviter le travail sous la charge et guider l'opération par contact radio permanent. - Faire attention au placement des mains pendant le serrage des boulons avec la machine hydraulique. - Porter les EPI.
Préparation des pales	- Blessures liées à l'utilisation d'outils	- Utilisation d'outils électriques ou hydrauliques	- Vérification des outils avant utilisation. - Faire attention au placement des mains pendant le serrage des boulons avec la machine hydraulique. - Porter les EPI.
<i>Montage de la tour, montage de la nacelle, montage du rotor et des pales</i>			
Opérations de levage de la tour, de la nacelle, du rotor et des pales	- Chute de personne, d'outils ou de pièces - Blessures graves à fatales - Electrocutation	- Utilisation de la grue - Travail en hauteur - Travaux sous charge - Manutention de charges lourdes	- Manipuler la section de tour depuis l'extérieur à l'aide des aimants. Travailler en équipe de 4 personnes minimum. - Porter les EPI. - Utiliser l'antichute adapté (approuvé, certifié et en bon état), et ne pas être à plusieurs sur la même section. - Ne pas utiliser l'échelle pour accrocher la corde pendant les travaux dans la tour, mais utiliser le filin ou le rail antichute. - Inspecter visuellement les instruments et le matériel de levage avant utilisation. - Garder les distances de sécurité pendant le montage. - Maintenir un contact radio permanent entre les chefs de manœuvre les grutiers, pendant toute la durée du montage. - Ne pas réaliser les opérations de levage si la vitesse du vent est supérieure à 10m/s - Maintenir une distance de sécurité par rapport aux lignes haute-tension. - Porter les EPI. - Travailler en équipe. Respecter les consignes de manutention. - Utiliser un harnais de sécurité pour tout personnel présent dans la nacelle. - S'attacher aux points d'ancrages indiqués pour tout personnel travaillant dans une zone non équipé de protection collective. - Favoriser le montage au sol. - Utiliser des mots clefs entre le grutier et les équipes. - Favoriser l'utilisation du panier nacelle pour accéder au dessus de la pale. - Utiliser un sac pour la pôle pour une vitesse de vent aux alentours de 8m/s pour guider l'assemblage. - Verrouiller l'arbre principal lors du levage des pales et avant qu'elles ne soient détachées de la grue. - Interdire le travail dans le moyeu lorsque la vitesse du vent est aux alentours de 15m/s.

Opération	Danger	Condition dangereuse	Préconisations - Mesures préventives
<i>Serrage des boulons, outils avec système hydraulique</i>			
Serrage des boulons et utilisation des outils avec système hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> - Blessures graves et réversibles - Mains et doigts bloqués - Danger d'absorption d'huile - Dommages matériels 	<ul style="list-style-type: none"> - Bruit - Manipulation d'outils électriques et hydrauliques 	<ul style="list-style-type: none"> - Porter les EPI - Surveillance à la médecine du travail - Vérifier les outils avant utilisation et les maintenir dans un excellent état. - Faire attention au placement des mains pendant le serrage des boulons avec la machine hydraulique. - Prendre connaissance des Fiches de Sécurité des produits utilisés. - Ne pas utiliser de gants non serrés quand vous utilisez un outil rotatif. - Vérifier la pression avant de travailler dans un système hydraulique. - Ne pas travailler dans un système hydraulique pendant que le système est sous pression. - Ne pas monter ou démonter les armatures tant que le système hydraulique est sous pression. - Ne pas intervenir dans un système hydraulique tant qu'une autre personne travaille dans le système. - Ne pas rechercher de fuites à la main.
<i>Montage des câbles électriques</i>			
Montage des câbles dans la tour, montage des câbles dans l'unité de contrôle, montage des câbles dans le transformateur	<ul style="list-style-type: none"> - Chute de personne - Chute du câble - Chocs électriques et feu - Electrocutation 	<ul style="list-style-type: none"> - Travail en hauteur 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser un filin de sécurité comme arrimage lorsque l'on travaille dans la tour. Les montants de l'échelle peuvent aussi être utilisés, mais jamais les barreaux. - Vérifier que les outils de levage sont conformes et que les inspections réglementaires sont en cours de validité. - Ne jamais brancher les contrôleurs au réseau électrique avant que tous les travaux ne soient terminés. - Vérifier le transformateur et le montage du câble avant la mise en place du courant. - Utiliser un équipement de mise à la terre lors d'opération dans l'aire du transformateur. - Vérifier que la nacelle est inoccupée à la mise sous tension.
<i>Mise en service de la machine</i>			
Dernières vérifications, mise sous tension de l'éolienne	<ul style="list-style-type: none"> - Electrocutations - Blessures ostéo-articulaires - Blessures fatales dues aux électrocutions et brûlures 	<ul style="list-style-type: none"> - Système hydraulique - Pièces rotatives 	<ul style="list-style-type: none"> - Respecter la formation ergonomique sur les travaux les préconisations de gestes et de postures. - Porter les EPI et utiliser le tapis isolant et VAT. Habilitation électrique obligatoire. - Travailler par équipe de 2. - Vérifier Tous les branchements électriques avant de connecter la turbine au réseau et de la mettre en marche. - Bien fermer toutes les portes de l'armoire de commandes en raison des explosions. - Vérifier que les condensateurs sont déchargés lors de travaux sur ceux-ci. Suivre le système d'inter verrouillage. - Ne pas travailler pas sur des installations sous pression. - Vérifier que tous les caches de protection sont correctement mis en place avant de faire fonctionner le rotor. - Si nécessaire, garder une distance de sécurité afin de faire fonctionner le rotor sans les caches. - Verrouiller l'arbre principal avant qu'une quelconque opération ne soit effectuée dans le moyeu. - Verrouiller le système de commande à calage variable lorsque d'intervention dans le moyeu. - Interdire tout travail à des vitesses de vent supérieur à 15 m/s. - Utiliser des harnais de sécurité pour éviter toute chute.

V.3.2 PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES LORS DE LA MAINTENANCE DES EOLIENNES

Opération	Risque	Condition dangereuse	Préconisations - Mesures préventives
<i>Risques de chutes (même niveau ou niveaux différents) - risque de coup / heurts - risque de chute d'objets</i>			
Travaux de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - Chute au même niveau - Chute à un niveau inférieur 	<ul style="list-style-type: none"> - Surfaces irrégulières, escaliers - Travaux en hauteur - Déplacements verticaux 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser les rampes dans les escaliers. - Faire extrêmement attention en marchant sur le terrain. - Ne pas courir. - Signaliser et/ou protéger les zones présentant des dénivelés ou des irrégularités temporaires. - Signaler et interdire d'accès les surfaces rendues glissantes à cause de la pluie. - Reporter sans attendre toute situation dangereuse et mettre en place des mesures adéquates le plus tôt possible. - Se déplacer de façon adéquate : escaliers, couloirs, surfaces avec traitement antidérapant, etc. - Faire extrêmement attention en se déplaçant à l'intérieur de la turbine. - Utiliser obligatoirement le système antichute composé d'un harnais, de la ligne de vie et du dispositif d'ancrage. - Maintenir fermées les trappes de la tour et de la nacelle. - S'ancrer à des points homologués ou à des ancrages improvisés résistants à une charge minimale de 1 000 Kg. - Utiliser des dispositifs de fixation directement entre le point d'ancrage et le harnais, sans élément intermédiaire. - Coordonner les travaux superposés. Les éviter le plus possible. - Utiliser d'autres systèmes alternatifs de ligne de vie (double ancrage, corde d'assurance provisoire, etc.) s'il n'y a pas de ligne de vie ou s'il n'est pas dans un état approprié. - S'attacher au préalable à un point fixe au moyen d'un élément d'attache et d'un absorbeur avant de se détacher ou de s'attacher à la ligne de vie sur les plateformes à plus de 2 mètres de hauteur. - Faire usage des plateformes intermédiaires sur l'échelle et utiliser l'aide à la montée si celui-ci est disponible. - Contrôler l'équipement de sécurité avant de commencer à travailler. - Jeter tout équipement endommagé.
Travaux de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - Objets sur passage - Surfaces glissantes - Coups contre objets fixés - Faux pas 	<ul style="list-style-type: none"> - Manque d'ordre et de propreté - Eléments de l'aérogénérateur - Eclairage insuffisant 	<ul style="list-style-type: none"> - Ranger les équipements et les outils. - Ne pas déposer de matériels dans des lieux dangereux pouvant tomber à des niveaux inférieurs ou encombrer. - Nettoyer immédiatement les restes et fuites d'huile, de graisses, d'eau et de liquides réfrigérants. - Utiliser un casque de sécurité. - Se déplacer par les surfaces destinées à cet effet. - Ajuster le niveau d'éclairage en fonction des exigences visuelles relatives aux travaux, ce niveau ne doit jamais être inférieur à 200 lux dans la nacelle et dans la tour. - Utiliser la lampe frontale si besoin
Utilisation des ascenseurs personnels	<ul style="list-style-type: none"> - Divers 		<ul style="list-style-type: none"> - Réserver l'utilisation des ascenseurs au seul personnel formé à l'utilisation, à l'inspection préalable, aux normes de sécurité et aux dispositifs d'urgence. - Maintenir les portes fermées pendant la montée. - Appuyer sur le bouton d'urgence pour monter ou descendre de la cabine. - Ne pas utiliser lorsque la vitesse du vent est supérieure à 18 m/s. - Port du harnais obligatoire. - se tenir éloigné du trou de l'ascenseur pour le personnel se trouvant sur les plates-formes de la tour sur les parcours de l'ascenseur. - Ne pas actionner les dispositifs d'arrêt externes lorsque l'ascenseur est en marche. - Ne pas modifier ou intervenir sur une quelconque pièce de l'ascenseur, notamment les pièces affectant les conditions de sécurité. - Procéder aux vérifications périodiques réglementaires.
Travail sur la nacelle	<ul style="list-style-type: none"> - Chute 	<ul style="list-style-type: none"> - Ouvertures sans protection possibles (trappe d'accès de la nacelle) - Travail sur la face extérieure de la nacelle 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser des systèmes de ligne de vie, des chaussures de protection à semelles antidérapantes et un casque de sécurité avec jugulaire. - Etre particulièrement prudent lors de tout déplacement.
Travaux de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - Chute d'objets non fixés 	<ul style="list-style-type: none"> - Elévation de matériel à la turbine 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser des sacs et des éléments de hissage homologués et appropriés au matériel à hisser. - Ne pas monter avec des outils dans les mains ou les poches. Utiliser des ceintures porte-outils. - Ne pas rester sous des charges suspendues. Ne pas utiliser les lignes de vie simultanément. - Ne pas garer de véhicules sous la nacelle. - Monter les objets lourds à l'aide du palan interne.

Opération	Risque	Condition dangereuse	Préconisations - Mesures préventives
Risque électrique			
Travaux électriques : haute et basse tension	- Travaux comportant des risques électriques	- Electrocutation - Brûlures - Coups	- Seul le personnel autorisé ou formé par l'entreprise peut effectuer des travaux comportant des risques électriques. - Utiliser les équipements de protection pour travailler sur des éléments à haute tension (gants de sécurité, tabouret/tapis isolants, écran facial). - Effectuer les travaux hors tension. - Maintenir les armoires électriques et les boîtiers de connexions fermés. - Ne pas travailler en portant des éléments métalliques qui pourraient causer un court-circuit (montres, chaînettes, etc.) - Coordonner les consignations pour les manœuvres. - Tout travail effectué dans la zone d'accès limité du transformateur doit être préalablement autorisé et soumis à une procédure définissant l'ordre dans lequel les opérations seront réalisées, le matériel et les mesures de protection et les circonstances qui pourraient donner lieu à une interruption des travaux.
Travaux électriques : haute et basse tension	- Fuites de gaz causant des lésions de divers degrés suite à une intoxication	- Présence d'hexafluorure de soufre dans les équipements électriques	- Réaliser une maintenance périodique des zones où ce type de substance est présent. - Ne jamais manger ou boire dans la zone sans s'être lavé les mains au préalable. - Garder les vêtements et outils, composants et résidus dans des sacs hermétiquement fermés jusqu'à ce qu'ils soient nettoyés ou enlevés.
Local SCADA / poste de livraison	- Contacts électriques	- Proximité avec éléments motorisés - Décrochements ou détérioration d'une partie de l'installation ou de son isolation	- Effectuer tous les travaux sur les installations électriques ou à proximité de celles- sans alimentation si possible. - Coordonner tout travail impliquant une décharge électrique, obtenir une autorisation écrite avant toute intervention et suivre la procédure définissant l'ordre dans lequel les opérations seront réalisées, le matériel et les mesures de protection utilisés et les circonstances qui pourraient donner lieu à une interruption des travaux. - Déconnecter et reconnecter le réseau électrique lors de travail avec respectivement la haute et basse tension avec les travailleurs habilités et qualifiés pour cette opération. - Isoler correctement les conducteurs électriques et les doter d'un dispositif VAT. - Ne pas travailler en portant des éléments métalliques qui pourraient causer un court-circuit (montres, chaînettes, etc.). - Arrêter tout travail en cours sur les conducteurs à nu ou sur tout équipement électrique connecté sur ces derniers en cas de tempête imminente. - Mettre un casque de sécurité, une visière prévue pour le soudage à l'arc, des gants diélectriques avec des éléments de protection mécanique contre les coupures, perforations et autres, ainsi que des chaussures de sécurité et utilisation des tapis lors de toute intervention,.
Risque hydraulique			
Travaux de maintenance	- Accrochage	- Eléments rotatifs	- Protéger les éléments rotatifs. - Bloquer l'actionnement de ceux-ci avant d'y travailler. - En cas de risque d'accrochage, ne pas porter le harnais de sécurité si des bandes dépassent ou restent ballantes. - Prévenir les autres employés avant de mettre en marche des éléments rotatifs. - Equiper les machines de mécanismes de freinage et d'arrêt disposant d'un dispositif d'urgence doté de commandes faciles d'accès et facilement repérables. - Porter des vêtements près du corps
Utilisation d'outils			
Travaux de maintenance	- Divers - Coupures - Accrochage - Projection d'huile à haute pression	- Utilisation des outils - Utilisation d'outils coupants ou contondants - Utilisation d'outils hydrauliques à haute pression	- Tous les outils doivent être marqués CE, en bon état d'utilisation et révisés régulièrement (mini tous les ans). - Vérifier les outils avant leur utilisation. - Utiliser les équipements de protection correspondant au travail à effectuer. - Utiliser les machines et les outils conformément aux spécifications des manuels. - Ne pas bloquer les dispositifs de sécurité. - Garder les outils de coupe ou ceux à bouts pointus dans des housses de protection en cuir ou en métal afin de prévenir toute lésion en cas de contact accidentel. - Ne jamais enlever les chutes de coupe sans porter de gants. - Utiliser des gants mécaniques comportant une protection appropriée contre les coupures, perforations, etc. - Suivre la notice d'utilisation du fabricant. - Vérifier l'étiquette d'inspection de la clé, des tubes et de la pompe. - Réaliser une inspection visuelle préalable.

Opération	Risque	Condition dangereuse	Préconisations - Mesures préventives
			<ul style="list-style-type: none"> - Effectuer le placement de la clé et l'actionnement du boîtier de commande par la même personne. - Effectuer une maintenance adéquate et des révisions périodiques de l'ensemble des équipements dotés de liquides sous pression. - Ne changer aucune pièce tant que les installations sont sous pression. - Mettre correctement en place tous les caches avant la mise en rotation de la turbine. Garder une distance de sécurité s'il est nécessaire de démarrer la rotation sans les caches.
Risque d'incendie			
Travaux de maintenance	- Incendie	- Travaux à chaud	<ul style="list-style-type: none"> - Interdire tous les travaux à chaud (pouvant provoquer un incendie), sauf autorisation écrite et conforme aux normes correspondantes. - Mettre en place un permis de feu obligatoire. Les EPI minimum sont bottes, gants, casque et lunettes, habits couvrants.
Risque chimique			
Utilisation de produits chimiques	<ul style="list-style-type: none"> - Projection de liquides et de particules - Projections - Irritations - Autres 	<ul style="list-style-type: none"> - Travaux avec produits chimiques - Particules projetées par le vent - Manipulation de produits chimiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser des lunettes / masque / visière/ gants de sécurité en cas de risque de projection de particules par le vent ou autres. - Lire la fiche de sécurité du produit chimique à utiliser. Les consignes de sécurité mentionnées doivent être respectées. - Disposer d'un extincteur en cas de travail avec des produits inflammables. - Vérifier que les contenants possèdent tous leurs labels (avec les pictogrammes appropriés) - Maintenir un système de ventilation approprié dans tous les espaces afin d'éviter l'accumulation de vapeurs émises par des produits chimiques qui rendent l'atmosphère d'un espace difficilement respirable. - Réaliser une étude risque chimique
Isolement et communication			
Travaux de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - Isolement - Incoordination 	<ul style="list-style-type: none"> - Travaux en solitaire - Manque de communication 	<ul style="list-style-type: none"> - Effectuer les travaux dans les aérogénérateurs par des équipes de deux personnes minimum. - Interdire les travaux en solitaire dès lors qu'il y a port d'EPI de catégorie III. - Mettre en place un plan d'urgence spécifique en cas de travail en isolement. - Utiliser des dispositifs de radio pour communiquer entre employés. - Contrôler les niveaux des batteries des dispositifs de radio avant de commencer les travaux.
Manutention			
Travaux de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - Luxations - Entorses - Lomalgies - Lésions dorsolombaires 	<ul style="list-style-type: none"> - Ergonomie - Manipulation manuelle de charges 	<ul style="list-style-type: none"> - Effectuer des pauses lors des travaux en position forcée. - Effectuer des rotations avec les autres employés lors des travaux en position forcée. - Utiliser des moyens de manipulation mécanique. - Mettre en pratique les normes de base de manipulation manuelle des charges. - Formation ergonomique intégrée au cursus de formations des nouveaux embauchés. - Modifier les instructions de travail si non applicables ou obsolètes. - Effectuer le travail avec des équipes renforcées - Effectuer une formation ergonomique sur les travaux à risques et le respect des préconisations gestes et postures. - Ne pas manipuler de charge supérieure à 21 kg pour un employé. - Ne pas manipuler de charge supérieure à 36 kg pour deux employés.
Conditions météorologiques			
Travaux de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - Malaises - Exposition aux UV 	<ul style="list-style-type: none"> - Conditions météorologiques défavorables (températures extrêmes, faible luminosité ou travail nocturne ...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre des vêtements d'extérieur et des vêtements qui protègent du soleil et de la pluie. - Porter des lunettes de soleil en cas de forte luminosité. - Mettre des vêtements fins et assurer une hydratation continue avec un apport de sels minéraux (eau fraîche de préférence) en cas de températures élevées. - Adapter les horaires de travail (début matinal si maintenance programmée). - Ventiler la nacelle (ouverture des skylight). - Utiliser au maximum les équipements mécaniques disponible (monte personnes, palan interne, ...) pour éviter toute surcharge physique de travail. - Prévoir un groupe électrogène et des éclairages si nécessaire. - Ne jamais commencer un travail sans éclairage.
Travaux de maintenance	- Dommages personnels	- Conditions météorologiques	- Interrompre tout travail en cas de conditions météorologiques extrêmes et personne ne doit rester dans le parc

Opération	Risque	Condition dangereuse	Préconisations - Mesures préventives
	- Situations d'urgence	extrêmes (tempête, vent fort orage, ...)	<p>éolien.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ne pas rester dans l'aérogénérateur ni dans le parc éolien en cas d'orage. Une fois l'orage terminé, attendre un minimum de deux heures avant de retourner dans les aérogénérateurs (présence d'électricité statique). - Préciser les recommandations liées à la vitesse du vent à partir de laquelle les travaux sont interrompus, en cas de doute, l'évacuation du site prévaut.
Formation			
Travaux de maintenance	- Divers	- Manque de formation et d'informations	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place un cycle complet de formation avant d'envoyer les techniciens en missions : <ul style="list-style-type: none"> o Formation travaux en hauteur o Pratiques de secours et d'évacuation o Formation au manuel de sécurité (Délivrance du manuel de sécurité) o Formation électrique o Formation secourisme o Formation manipulation d'extincteurs o Formation ergonomique (dès 3 mois d'ancienneté) - Revoir périodiquement les formations, celles-ci feront l'objet de tests. - Dispenser des formations techniques. - Mettre en place un système de parrainage pour ne pas avoir deux débutants dans une même équipe.

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 notamment pour les incidents les moins graves. Cette démarche pourra être entreprise en complément.

La base de données ARIA recense plus de 47 000 accidents ou incidents. Parmi ceux-ci, 46 incidents (répertoriés avec le mot clé "éolien") sont mis en évidence sur une période de Janvier 2012 à Novembre 2018¹⁴, dernier incident répertorié.

Tableau 16 – Liste des accidents lié à la filière éolienne en France entre 2012 et 2019 – Source ARIA

DATE	LOCALISATION	TYPLOGIE D'ACCIDENT	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSES
03/01/2012	Non communiqué	Incendie	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel
05/01/2012	Widehem	Rupture de pale	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne)	/
11/04/2012	Sigean	Chute d'une pale	Projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m	Impact de foudre
18/05/2012	Chemin d'Ablis	Rupture de pale	Décrochage d'une pale et chute au pied de l'éolienne	Corrosion anormale
30/05/2012	Port-la-Nouvelle	Effondrement	Effondrement d'une éolienne	Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut
01/11/2012	Vieillespesse	Projection	Élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât dans une parcelle clôturée.	Recherche de cause par l'exploitant
05/11/2012	Sigean	Incendie	Le feu s'est déclaré en partie basse de l'éolienne (transformateur ou armoire basse tension). Les flammes ont ensuite atteint la nacelle à l'intérieur du mât. 80 m ² de garrigue environnante	Incendie
06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Chute de pale	Pale tombée au pied de l'éolienne - rotation automatiquement stoppée du fait d'un "défaut vibration"	Défaut de conception
14/03/2013	Fère-Champenoise-Euvy-Corroy	Incendie	Départ de feu du rotor	Défaillance électrique
20/06/2013	La Bastide-sur-Besorgues	Rupture de pale	Pale déchirée sur 6 m de longueur	Foudre
01/07/2013	Cambon et Salvergues	Projection d'élément	Opérateur blessé par la projection d'une partie amovible sur laquelle il intervient.	Défaut de conception
03/08/2013	Moréac	Épandage de produit chimique	Pollution du sol par le produit. Excavation et envoi de la terre souillée en filière spécialisée.	/

DATE	LOCALISATION	TYPLOGIE D'ACCIDENT	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSES
09/01/2014	Vents de Thiérache 2	Incendie	Départ de feu dans les nacelles	/
20/01/2014	Sigean	Chute de pale	Pale tombée au pied de l'éolienne – rotation automatiquement stoppée du fait d'un « défaut vibration ».	Défaut de conception
14/11/2014	Sources de la Loire	Rupture de pale	L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m.	Foudre
05/12/2014	Fitou	Rupture de pale	L'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aéofrein de la pale. Elle est retrouvée	/
29/01/2015	Rémigny-ly-Fontaine	Feu d'éolienne	Les dommages matériels sont estimés à 150 k€. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés.	Défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance qui 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.
06/02/2015	La Tourette	Feu d'éolienne	Un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Éolienne hors service le temps des réparations.	/
24/08/2015	Le Champ Besnard	Feu d'éolienne	Feu déclaré sur la nacelle	/
07/02/2016	Cornilhac-Corbières	Chute de l'aéofrein d'une pale d'éolienne	L'aéofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol	Un point d'attache du système mécanique de commande de l'aéofrein se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aéofrein.
08/02/2016	Dineault	Chute d'une pale	Une pale chute au sol, une autre se déchire.	Tempête avec vents à 160 km/h
07/03/2016	Calanhel	Chute d'une pale	Une pale chute au sol, le mât est endommagé dans sa partie haute, sans présenter de risque de chute.	Défaillance du système d'orientation de la pale
28/05/2016	Janville	Fuite d'huile dans une éolienne	Écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne
10/08/2016	Hescamps	Feu d'éolienne	Un feu se déclare au niveau du rotor	Défaillance électrique
18/08/2016	Dargies	Feu d'éolienne	Une fumée s'échappe de la tête de l'éolienne	Défaillance électrique. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ

¹⁴ Site consulté le 23/05/2019

DATE	LOCALISATION	TYPLOGIE D'ACCIDENT	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSES
11/01/2017	Le Quesnoy	Fissure sur une pale	Fissure constatée sur une pale	Inconnu
12/01/2017	Tuchan	Rupture de pale	Chute des trois pales d'une éolienne	Vents forts (25 m/s) provoquant la rupture des pales à cause d'une vitesse excessive. Le frein mécanique était inopérant pour cause de maintenance
18/01/2017	Nurlu	Chute d'une pale	Chute d'une pale d'éolienne	Tempête
27/02/2017	Lavallée	Rupture d'une pale	Rupture de la pointe d'une pale	Orage violent, rafale de vent
27/02/2017	Trayes	Chute d'un élément d'une pale	Plusieurs fragments de pale projetés jusqu'à 150 m du mât	Défaut de fabrication
06/06/2017	Allonnes	Feu dans la nacelle	Un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. Une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés	Défaut des condensateurs du boîtier électrique
08/06/2017	Aussac-Vadalle	Chute de pale	Une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol	Impact de foudre
24/06/2017	Conchy-sur-Canche	Chute d'une pale	Une pale se brise au niveau de sa jonction avec le rotor	Inconnu
17/07/2017	Fécamp	Chute d'un aérofrein	Un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne	Problème de montage ou vibrations en fonctionnement serait à l'origine du desserrage d'une vis anti-rotation, qui a provoqué la chute de l'aérofrein
24/07/2017	Mauron	Fuite d'huile	Une fuite d'huile est détectée	La rupture d'un flexible du circuit hydraulique de l'aérogénérateur
05/08/2017	Priez	Bris d'une pale	Une pale d'éolienne se brise en son milieu	Inconnu
08/11/2017	Roman	Chute du carénage de la pointe de la nacelle	Le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol	Défaut d'assemblage de ses boulonnages
01/01/2018	Bouin	Chute d'une éolienne	Chute d'une éolienne, brisée à sa base	Rafale de vent
04/01/2018	Nixéville-Blercourt	Bris d'une pale	L'extrémité d'une pale se rompt, lors d'un épisode venteux. Un morceau de 20 m chute au sol. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. Un gardiennage est mis en place 24 h/24.	Rafale de vent
06/02/2018	Conilhac-Corbières	Chute d'un élément d'une pale	L'aérofrein d'une pale d'éolienne chute au sol dans un parc éolien	/
10/04/2018	Lou Pioch	Bris d'une pale	Une pale se rompt, lors d'un épisode venteux	Rafale de vent
01/06/2018	Marsanne	Incendies criminels dans un parc éolien	Un feu se déclare au pied d'une éolienne. L'incendie se propage jusqu'à sa nacelle qui est entièrement brûlée ainsi que la base des pales. Une deuxième éolienne fait également l'objet d'un départ de feu, mais celui-ci est resté confiné à sa base.	Acte de malveillance

DATE	LOCALISATION	TYPLOGIE D'ACCIDENT	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSES
05/06/2018	Aumelas	Incendie d'éolienne	Un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne de 70 m de haut. La nacelle de l'aérogénérateur est presque totalement détruite. 50m² de végétation ont brûlé	Panne
04/07/2018	Port-la-Nouvelle	Chute des extrémités de deux pales d'une éolienne	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 décrochés	/
28/09/2018	Sauveterre	Incendie d'éolienne propagé à la végétation	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne dans un parc éolien (4 aérogénérateurs). Des éléments enflammés chutent au sol. Le feu se propage à la végétation voisine. La nacelle, les pales et des armoires de commande en pied de mât sont détruits. 2,5 ha de végétation, essentiellement une plantation de résineux, ont brûlé.	Acte de malveillance
17/10/2018	Flers-sur-Noye	Fuite d'huile hydraulique sur une éolienne	Un technicien de maintenance détecte une fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne. L'exploitant du parc éolien estime que 50 l ont été perdus. Sous l'effet du vent, la zone impactée est d'environ 2 000 m².	Mauvaise réalisation d'une activité de maintenance annuelle préventive
06/11/2018	Guigneville	Effondrement d'une éolienne	Une éolienne, d'une hauteur en bout de pale de 140 m, s'effondre dans un parc éolien composé de 2 aérogénérateurs (3 MW). L'exploitant arrête les autres éoliennes de même type, dans 5 parcs éoliens. Un balisage et une surveillance sont mis en place. L'équipement est expertisé	Sur-vitesse de rotation des pales
18/11/2018	Conilhac-Corbières	Chute de 3 aérofreins dans un parc éolien	Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât. Les débris, contenus dans un rayon de 150 m au pied du mât, sont ramassés et stockés avant traitement et recyclage en filaire agréée.	ND
19/11/2018	Ollezy	Chute d'une pale d'éolienne	Un agent de surveillance d'un parc éolien constate la rupture d'une pale d'une éolienne. Des 40 m de l'équipement, les 30 derniers sont tombés au sol. Le site est placé sous surveillance.	ND

Il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont souvent des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques. Cette analyse montre que les incidents les plus courants sont liés aux conditions climatiques défavorables (tempêtes, vents forts, foudre) (cf. [Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française](#)).

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

La synthèse ci-dessous (*Tableau 17*) provient de l'analyse issue des descriptions de 2 312 accidents d'éoliennes recensés par le CWIF (Caithness Windfarm Information Forum) entre le 30 novembre 1980 et le 31 mars 2019.

La majorité des accidents se sont produits en Europe, aux Etats-Unis et au Canada. D'autres pays comme l'Australie et la Chine ont également été victimes de ce type d'accidents.

Tableau 17 - Accidentologie à l'international entre le 30 novembre 1980 et le 31 mars 2019
(Source : CWIF)

TYPE D'ACCIDENT	DESCRIPTION	NOMBRE
Blessures humaines	Recensement des blessures humaines	171
Santé humaine	Incidents sur des éoliennes impactant la santé humaine. <i>Entre 2012 et le 31 mars 2019</i>	150
Défaillance de la lame	Une "défaillance de lame" peut provenir de plusieurs sources possibles et entraîner la projection d'aubes entières ou de morceaux d'aube de la turbine	415
Feu	Dus à des problèmes de surchauffe, d'emballement de moteur, et à la foudre voire pour certains cas très limités, à des actes de malveillance	365
Défaillance structurelle	Une "défaillance structurelle" est supposée être une défaillance majeure d'un composant dans des conditions que les composants devraient être conçus pour résister	208
Glace	Formation de stalactites de glace pendant l'hiver sur les pales à l'arrêt, projection de morceaux quand les pales se remettent à tourner (projections observées pouvant aller jusqu'à 140 m)	43
Transport	Section d'éoliennes tombant du transporteur, heurtant des obstacles à proximité du transporteur/accident de la route	213
Dommages environnementaux	Eoliennes comme origine de la mort ou occasionnant des blessures sur la faune environnante	247
Autre	Accidents dus à des circonstances particulières : inondations, foudre, problèmes sur la délivrance de permis de construire sur des zones trop proches des habitations, manque de maintenance des machines	500

Les graphiques suivants illustrent la répartition des différents phénomènes identifiés comme la cause des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés sur la période 1970 – 2012).

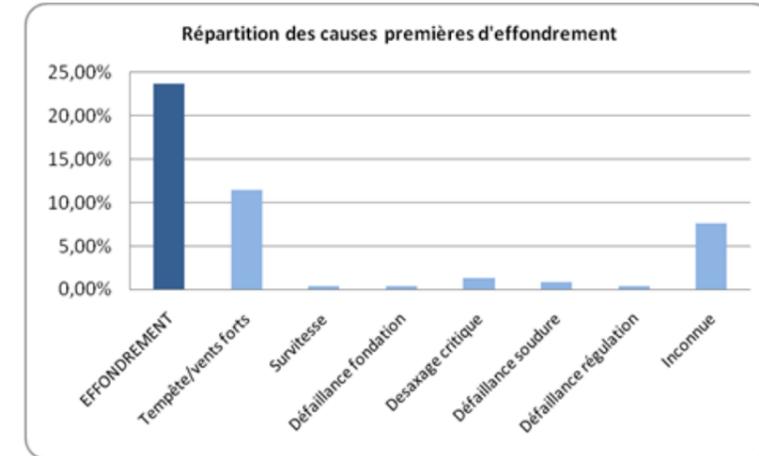


Figure 12 – Répartition des causes premières d'effondrement entre 1970 et 2012

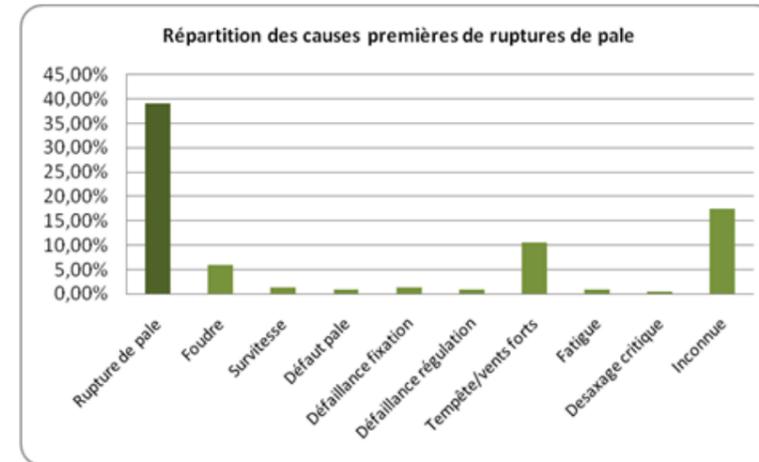


Figure 13 – Répartition des causes premières de rupture de pales entre 1970 et 2012

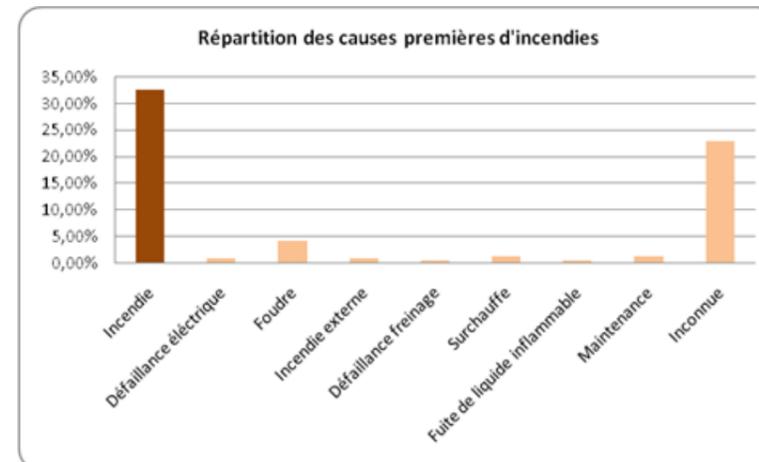


Figure 14 – Répartition des causes premières d'incendies entre 1970 et 2012

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

VI.3 SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

Tableau 18 – Synthèse de l'accidentologie

ZONE D'EFFET	DANGER POTENTIEL	EVENEMENT INITIATEUR	EVENEMENT REDOUTE
Intérieur de l'éolienne	Non-respect des consignes de sécurité	Maintenance	Chute du technicien dans la nacelle / tour
	Non-respect des consignes de sécurité	Maintenance	Electrification voire électrocution du personnel intervenant
Zone de construction	Non-respect des consignes de sécurité	Construction	Chute d'objet sur les techniciens occasionnant des blessures
Zone de déchargement des matériaux de construction	Non-respect des consignes de sécurité	Construction	Chute de composants d'éolienne sur le personnel intervenant
Diamètre du rotor	Perturbation de l'environnement	-	Collision entre les pales et la faune locale (chauve-souris, aigle...)
	Tiers	Mauvaises conditions météorologiques	Collision entre parachutiste et rotor
	Remise en route non contrôlée du rotor	Maintenance	Entraînement des vêtements par le rotor et pendaison
Diamètre du rotor et hauteur du mât	Tiers	Inattention	Collision entre avion et éolienne
Distance autour de l'éolienne équivalente à sa hauteur totale	Foudre	Foudroiement de l'éolienne	Incendie du rotor et des pales
	Foudre	Foudroiement de l'éolienne	Incendie généralisé et effondrement de l'éolienne
	Tempête	Energie cinétique du vent	Incendie de la nacelle (dû à la survitesse)
	Tempête	Energie cinétique du vent	Incendie généralisé et effondrement de l'éolienne
	Tempête	Energie cinétique du vent	Bris de pale / Ejection de pales
	Tempête	Energie cinétique du vent	Arrachement de la base et effondrement de l'éolienne
	Tempête	Energie cinétique du vent	Emballement du rotor
	Tempête	Energie cinétique du vent	Chute de la nacelle
	Inondation	Energie cinétique de l'eau	Effondrement de l'éolienne
	Inondation	Sol détrempé	Affaiblissement du sol autour de la base, effondrement de l'éolienne
	Usure/dégradation du matériel	Maintenance	Chute d'objet sur les techniciens occasionnant des blessures
	Remise en route non contrôlée du rotor	Maintenance	Chute du technicien
	Remise en route non contrôlée du rotor	Maintenance	Entraînement/écrasement de membres par mécanisme en mouvement
	Défaut de maintenance	Maintenance	Fuite d'huile non détectée → Pollution environnementale
	Rayon d'un kilomètre autour de l'éolienne	Foudre	Foudroiement de l'éolienne
Foudre		Foudroiement de l'éolienne	Bris de pale
Non définissable	Temps neigeux	Inertie du rotor puis remise en mouvement	Formation de stalactites de glace puis éjection lors de la remise en route du rotor
	Inattention	Transport	Composants d'éoliennes débordant du camion heurtant des obstacles situés à proximité

VI.4 LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

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

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

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

A la lecture des tableaux précédents, on constate que la source d'accidents la plus fréquente concerne les bris de pales/projection de pales, suivie par des accidents relatifs à la maintenance des appareils et des problèmes de type structurels (la catégorie "autre" n'est pas prise en compte car les causes sont trop diverses). Concernant les bris de pale et les problèmes structurels (effondrements d'éoliennes), ceux-ci interviennent majoritairement lors de circonstances naturelles défavorables (tempêtes, orages...), et ne sont pas dus au fonctionnement de l'éolienne.

De plus, les accidents de maintenance sont principalement dus au non-respect des consignes de sécurité (non port des EPI...).

Il en ressort donc que la majorité des accidents relatifs aux parcs éoliens ne sont pas liés au fonctionnement intrinsèque des éoliennes, mais interviennent dans des circonstances particulières.

VII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR)

VII.1 OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

Les 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'accidents majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

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

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

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

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

- Inondations ;
- Séismes d'amplitude suffisante pour avoir des conséquences notables sur les infrastructures ;
- Incendies de cultures ou de forêts ;
- Pertes de confinement de canalisations de transport de matières dangereuses ;
- Explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne.

VII.3 RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

VII.3.1 AGRESSION EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines¹⁵ :

INFRASTRUCTURE	FONCTION	EVENEMENT REDOUTE	DANGER POTENTIEL	PERIMETRE	COMMENTAIRE
Voies de circulation automobiles	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Aucune route départementale, nationale ou autoroute ne se trouve dans un périmètre de 200 m (cf. III.3.1.1).
Voie ferrée	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Exclu de l'étude car aucune voie ferrée dans les abords proches
ICPE	/	Effets dominos	Atteinte de la structure	200 m	Exclu de l'étude car pas d'ICPE dans les abords proches
Agriculture	Exploitation agricole	Engin agricole percute le poste de livraison	Energie cinétique des véhicules	200 m	Champs alentours très peu fréquentés, vitesse limitée des véhicules agricoles
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	L'éolienne E3 se trouve à 185 m de la HTB
Canalisation de gaz	Transport de gaz	Rupture de canalisation	Surpression	200 m	Exclu de l'étude car aucune canalisation de gaz à proximité du projet
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	La ferme éolienne de Saint-Généroux est le parc le plus proche de celui d'Irais. L'éolienne E2 se trouve à 399 m de l'éolienne la plus proche de ce parc.
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Exclu de l'étude car pas d'aérodrome aux abords proches
Malveillance	/	Dégradation de/dans l'éolienne	Atteinte de la structure	/	Exclu de l'étude (cf. III.1.6)

¹⁵ NB : Seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 m (distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) seront recensées ici, à l'exception de la présence des aérodromes qui sera reportée lorsque ceux-ci sont implantés

dans un rayon de 2 km et des autres aérogénérateurs qui seront reportés dans un rayon de 500 mètres (Source : Guide technique – Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens, 2012, INERIS)

VII.3.2 AGRSSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

AGRESSION EXTERNE	INTENSITE
Vents et tempête	La zone d'implantation n'est pas concernée par les phénomènes météorologiques des zones tropicales
Foudre	Respect des normes : ✓ IEC 62305-1 : 2006 ✓ IEC 62305-3 : 2006 ✓ IEC 62305-4 : 2006 ✓ IEC 61400-24 : 2010
Glissement de sols/ affaissement miniers	Aucun mouvement de terrain recensé sur la zone d'étude

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

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est 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) 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.

VII.4 SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événements redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience 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).

N°	EVENEMENT INITIATEUR	EVENEMENT INTERMEDIAIRE	EVENEMENT REDOUTE CENTRAL	FONCTION DE SECURITE (INTITULE GENERIQUE)	PHENOMENE DANGEREUX	QUALIFICATION DE LA ZONE D'EFFET
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF ₆) 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 SF ₆) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2

N°	EVENEMENT INITIATEUR	EVENEMENT INTERMEDIAIRE	EVENEMENT REDOUTE CENTRAL	FONCTION DE SECURITE (INTITULE GENERIQUE)	PHENOMENE DANGEREUX	QUALIFICATION DE LA ZONE D'EFFET
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
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 fragments 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 fragments de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	EVENEMENT INITIATEUR	EVENEMENT INTERMEDIAIRE	EVENEMENT REDOUTE CENTRAL	FONCTION DE SECURITE (INTITULE GENERIQUE)	PHENOMENE DANGEREUX	QUALIFICATION DE LA ZONE D'EFFET
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

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

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

VII.5 EFFETS DOMINOS

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

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

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

Aucune ICPE ne se trouve dans un rayon de 100 m ; aucun effet n'est donc à prévoir.

C'est la raison pour laquelle, il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.

VII.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 projet éolien d'Irais. 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, un essai d'arrêt d'urgence et un essai 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.

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

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 déduction de la formation de glace.		
Description	Ce système Vestas déduit la formation de glace sur les pales à partir des données de température et de rendement de l'éolienne (l'accumulation de glace alourdit les pales et diminue le rendement de la turbine). Une configuration du système SCADA permet d'alerter les opérateurs par un message type « Ice Climate ». Une mise à l'arrêt est ensuite effectuée de manière automatique ou manuelle, selon le type de contrat. Les procédures de redémarrage sont définies par l'exploitant.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Mise à l'arrêt de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Surveillance via la maintenance prédictive		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Signalisation du risque en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux de signalisation en pied de machine informant du risque de chute de glace (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	Sondes de température sur pièces mécaniques Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.		
Description	Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes		

	ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min
Efficacité	100 %
Tests	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.
Maintenance	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de température de chaque capteur (comparaison avec les données des autres éoliennes du parc). Remplacement de la sonde de température en cas de dysfonctionnement de l'équipement. 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.

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle.		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 25 m/s pour la V112. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales (le freinage est effectué en tournant ensemble les 3 pales à un angle de 85 à 90°, afin de positionner celles-ci en position où elles offrent peu de prise au vent). Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'inclinaison des pales « Vestas Pitch System ».		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min 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. Tests à chaque maintenance préventive.		
Maintenance	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	Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transformateur et armoires électriques).		
Description	Outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques disposées dans les nacelles Vestas (qui abritent les divers jeux de barres), sont équipées de détecteurs d'arc électrique. Ce système de capteurs photosensibles a pour objectif de détecter toute formation d'un arc électrique (caractéristique d'un début d'amorçage) qui pourrait conduire à des phénomènes de fusion de conducteurs et de début d'incendie. Le fonctionnement de ces détecteurs commande le déclenchement de la cellule HT située en pied de mât, conduisant ainsi à la mise hors tension de la machine.		

	La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être faits qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquiescement manuel du défaut.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	50 millisecondes
Efficacité	100 %
Tests	Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis tous les ans.
Maintenance	Les installations électriques font l'objet d'un contrôle avant la mise en service industrielle du parc éolien, puis annuellement conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011. Ce contrôle donne lieu à un rapport, dit rapport de vérification annuel, réalisé par un organisme agréé. Des vérifications de tous les équipements électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrés dans le manuel de maintenance préventive Vestas.

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Système de protection contre la foudre conçue pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400.		
Description	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 (nommé LCTU – Lightning Current Transfer Unit) 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.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.		
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	1. Sondes de température sur pièces mécaniques. Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme. 2. Système de détection incendie		
Description	1. Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.		

	<p>2. Les éoliennes sont équipées par défaut d'un système autonome de détection composé de plusieurs capteurs de fumée et de chaleur disposés aux possibles points d'échauffements tels que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La chambre du transformateur - Le générateur - La cellule haute tension - Le convertisseur - Les armoires électriques principales - Le système de freinage. <p>En cas de détection, une sirène est déclenchée, l'éolienne est mise à l'arrêt en « emergency stop » et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât. De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande.</p> <p>Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secouru (UPS).</p> <p>Vis-à-vis de la protection incendie, deux extincteurs sont présents dans la nacelle et un extincteur est disponible en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).</p>
Indépendance	Oui
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant. L'exploitant sera ainsi 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 à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.
Efficacité	100 %
Tests	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.
Maintenance	Contrôle tous les ans du système de détection incendie pour être conforme à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2012 Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé. Maintenance prédictive sur les capteurs de température.

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	<p>1. Détecteurs de niveau d'huile et capteurs de pression</p> <p>2. Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation)</p> <p>3. Procédure d'urgence</p> <p>4. Kit antipollution</p> <p>5. Bacs de rétention</p>		
Description	<p>1. Le circuit hydraulique est équipé de capteurs de pression (une mesure de pression dans le bloc hydraulique de chaque pale) permettant de s'assurer de son bon fonctionnement. Toute baisse de pression au-dessous d'un seuil préalablement déterminé, conduit au déclenchement de l'arrêt du rotor (mise en drapeau des pales). Afin de pouvoir assurer la manœuvre des pales en cas de perte du groupe de mise en pression ou en cas de fuite sur le circuit, chaque bloc hydraulique (situé au plus près du vérin de pale) est équipé d'un accumulateur hydropneumatique (pressurisé à l'azote) qui permet la mise en drapeau de la pale.</p> <p>La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne.</p> <p>Les niveaux d'huile sont surveillés d'une part au niveau du multiplicateur et d'autre part au niveau du groupe hydraulique. L'atteinte du niveau bas sur le multiplicateur ou sur le groupe hydraulique, déclenche une alarme et conduit à la mise à l'arrêt du rotor.</p>		

	<p>2. Le circuit de refroidissement (eau glycolée) est équipé d'un capteur de niveau bas, qui en cas de déclenchement conduit à l'arrêt de l'éolienne.</p> <p>3. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Une procédure Vestas en cas de pollution accidentelle du sol est communiquée au personnel intervenant dans les aérogénérateurs.</p> <p>4. En cas de fuite, les véhicules de maintenance Vestas sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent :</p> <ul style="list-style-type: none"> • De contenir et arrêter la propagation de la pollution ; • D'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) • De récupérer les déchets absorbés. <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, Vestas se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates.</p> <p>5. Des bacs de rétention empêchent 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. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.</p>
Indépendance	Oui
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min
Efficacité	100 %
Tests	Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance Vestas. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF Vestas. Dépendant du débit de fuite.
Maintenance	Les vérifications d'absence de fuites sont effectuées à chaque service planifié. Surveillance des niveaux d'huile via des outils d'analyses instantanées ou hebdomadaires. Inspection et maintenance curative en fonction du type de déclenchement d'alarme.

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 différents assemblages de structure (ex : brides, joints, etc.) Procédures et contrôle qualité		
Description	<p>La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne.</p> <p>Vestas remet à chacun de ses clients, un document « Type certificate » qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005). Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent aux standards IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400 -1 ; 12 ; 23.</p> <p>De plus, des organismes compétents externes, mandatés par l'exploitant du parc, produisent des rapports attestant de la conformité de nos turbines à la fin de la phase d'installation.</p>		

	L'article R111-38 du code de la construction et de l'habitation fait référence au contrôle technique de construction. Il est obligatoire, à la charge de l'exploitant et réalisé par des organismes agréés par l'État. Ce contrôle assure la solidité des ouvrages ainsi que la sécurité des biens et des personnes. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	NA
Maintenance	Le plan de maintenance Vestas prévoit le contrôle des brides de fixation, des brides de mât, des fixations des pales et le contrôle visuel du mât trois mois puis un an après la mise en service industrielle puis tous les trois 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		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	1. Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées. 2. Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas		
Description	1. Ce point est détaillé dans le chapitre dédié aux maintenances planifiées. 2. 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 12 heures et 6 mois selon le type de dégradation		
Efficacité	NA		
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	12
Mesures de sécurité	1. Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents 2. Mise à l'arrêt sur détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle		

Description	1. En France, la classification de vents des éoliennes fait référence à la norme « IEC 61400-1 ». Les éoliennes Vestas sont dimensionnées pour chacune de ces classes. Il est donc important de faire correspondre la classe du site avec la classe de la turbine 2. Les éoliennes sont mises à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 25 m/s pour la V112. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales. Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales « Vestas Pitch System ».
Indépendance	Oui
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise drapeau des pales < 1 min
Efficacité	100 %.
Tests	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.
Maintenance	Tous les ans.

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques	N° de la fonction de sécurité	13
Mesures de sécurité	NA		
Description			
Indépendance			
Temps de réponse			
Efficacité			
Tests			
Maintenance			

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

VII.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 :

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

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

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

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

VIII. ETUDE 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.

VIII.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 substances toxiques.

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

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

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

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

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

VIII.1.1 CINETIQUE

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

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

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

VIII.1.2 INTENSITE

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

¹⁶ La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide de la méthode présentée en annexe 1. Cette méthode se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées. Ainsi, pour chaque phénomène dangereux identifié, il conviendra de comptabiliser l'ensemble des personnes présentes dans la zone d'effet

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

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

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

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

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

Tableau 19 – Degré d'exposition

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

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

VIII.1.3 GRAVITE¹⁶

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.

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

Tableau 20 – Classe des seuils de gravité

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

VIII.1.4 PROBABILITE

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

Tableau 21 – Classe de probabilité

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

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

- De la bibliographie relative à l'évaluation des risques pour des éoliennes
- Du retour d'expérience français

- Des définitions qualitatives de l'arrêté du 29 septembre 2005

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

VIII.1.5 NIVEAU DE RISQUE

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

Tableau 22 – Niveau de risque et grille de criticité

Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Orange	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Orange	Orange	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Orange	Orange	Orange	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Vert	Orange	Orange	Rouge
Modéré	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange

Avec :

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		Acceptable
Risque faible		Acceptable
Risque important		Non acceptable

[Source : Guide technique INERIS]

VIII.2 CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

Rappelons que le projet sera donc composé de sept éoliennes (identiques). Le modèle retenu est celui de chez Vestas V112/3000. Les caractéristiques sont les suivantes :

- ✓ Hauteur totale : 175,3 m
- ✓ Hauteur du moyeu : 119 m
- ✓ Hauteur du mât (H) : 116,6 m
- ✓ Diamètre du rotor : 112 m
- ✓ Longueur de pale (R) : 54,65 m
- ✓ Puissance nominale : 3 MW
- ✓ Largeur du mât à sa base (L) : 3,9 m
- ✓ Largeur des pâles à leurs bases (LB) : 4 m

VIII.2.1 EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

❖ Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 175,4 m dans le cas des éoliennes du parc d'Irais.

Les risques d'atteinte d'une personne ou d'un bien en dehors de cette zone d'effet sont négligeables et ils n'ont jamais été relevés dans l'accidentologie ou la littérature spécialisée.

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien d'Irais : R est la longueur de pale (R= 54,65 m), H la hauteur du mât (H= 116,6 m), L la largeur du mât à sa base (L= 3,9 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB = 4 m).

Tableau 23 – Niveau d'intensité lié à l'effondrement de l'éolienne

EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À LA HAUTEUR TOTALE DE L'ÉOLIENNE EN BOUT DE PALE)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = (H \times L) + (3 \times R \times LB/2)$ La zone d'impact est de 782,64 m ²	$Z_e = \pi \times (H+R)^2$ La zone d'effet est de 92 132,11 m ²	$D = Z_i/Z_e$ Le degré d'exposition est de 0,85 % (<1%)	Exposition modérée

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

❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

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

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

Tableau 24 – Niveau de gravité lié à l'effondrement de l'éolienne

EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À LA HAUTEUR TOTALE DE L'ÉOLIENNE EN BOUT DE PALE)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,921	Modéré
E2	0,921	Modéré
E3	0,921	Modéré
E4	0,921	Modéré
E5	0,921	Modéré
E6	0,921	Modéré
E7	0,921	Modéré

❖ Probabilité

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

Tableau 25 – Bibliographie liée à l'effondrement d'une éolienne

SOURCE	FREQUENCE	JUSTIFICATION
Guide for risk based zoning of wind turbines	4,5 x 10 ⁻⁴	Retour d'expérience
Specification of minimum distances	1,8 x 10 ⁻⁴ (Effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience¹⁷, soit une probabilité de 4,47 x 10⁻⁴ par éolienne et par an.

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

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

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

- Respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1
- Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages
- Système de détection des survitesses et un système redondant de freinage
- Système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'aucun effondrement n'a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2005.

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

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

❖ Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien d'Irais, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) (cf. VIII.1.5) :

Tableau 26 – Niveau d'acceptabilité vis-à-vis de l'effondrement des éoliennes

EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À LA HAUTEUR TOTALE DE L'ÉOLIENNE EN BOUT DE PALE)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable

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

VIII.2.2 CHUTE DE GLACE

❖ Considérations générales

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

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

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

❖ Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien de d'Irais. Z_i est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale (R = 54,65 m), SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m²).

¹⁷ 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.

Tableau 27 – Niveau d'intensité de la chute de glace

CHUTE DE GLACE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À D/2 = ZONE DE SURVOL)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _I = SG 1 m ²	Z _E = π x R ² 9 382,75 m ²	d=Z _I /Z _E 0,01 % (< 1 %)	Exposition modérée

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

❖ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

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

Tableau 28 – Niveau de gravité lié à la 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	0,00938	Modéré
E2	0,00938	Modéré
E3	0,00938	Modéré
E4	0,00938	Modéré
E5	0,00938	Modéré
E6	0,00938	Modéré
E7	0,00938	Modéré

❖ **Probabilité**

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

❖ **Acceptabilité**

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien d'Irais, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) (cf. VIII.1.5) :

Tableau 29 – Niveau d'acceptabilité vis-à-vis de la 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
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien d'Irais, 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.

VIII.2.3 CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

❖ **Zone d'effet**

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne en projection verticale.

❖ **Intensité**

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien d'Irais. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, D le diamètre du rotor autour du mât de l'éolienne en projection verticale (D= 112 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 4 m).

Tableau 30 - Niveau d'intensité de la chute d'éléments de l'éolienne

CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À D/2 = ZONE DE SURVOL)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _I = R*LB/2 109,30 m ²	Z _E = π x R ² 9 382,75 m ²	d=Z _I /Z _E 1,16 % (Compris entre 1 et 5 %)	Exposition forte

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

❖ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'élément de l'éolienne, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

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

Tableau 31 – Niveau de gravité lié à la chute d'éléments de l'éolienne

CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE (DANS UN RAYON INFERIEUR OU EGAL A D/2 = ZONE DE SURVOL)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,00938	Modéré
E2	0,00938	Modéré
E3	0,00938	Modéré
E4	0,00938	Modéré
E5	0,00938	Modéré
E6	0,00938	Modéré
E7	0,00938	Modéré

❖ **Probabilité**

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

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

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

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

❖ **Acceptabilité**

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien d'Irais la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) (cf. VIII.1.5) :

Tableau 32 – Niveau d'acceptabilité vis-à-vis de la chute d'éléments de l'éolienne

CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE (DANS UN RAYON INFERIEUR OU EGAL A D/2 = ZONE DE SURVOL)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable

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

VIII.2.4 PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

❖ **Zone d'effet**

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

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

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

❖ **Intensité**

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien d'Irais. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R= 54,65$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB= 4$ m).

Tableau 33 – Niveau d'intensité de projection de pale ou de fragment de pale

PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE (ZONE DE 500 M AUTOUR DE CHAQUE EOLIENNE)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I=R*LB/2$ 109,30 m^2	$Z_E= \pi \times 500^2$ 785 398,16 m^2	$d=Z_I/Z_E$ 0,014 % (< 1 %)	Exposition modérée

❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

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

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

Tableau 34 – Niveau de gravité lié à la projection de pale ou de fragment de pale

PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE (ZONE DE 500 M AUTOUR DE CHAQUE EOLIENNE)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,916	Modéré
E2	0,998 (très proche de 1)	Sérieux
E3	0,946 (très proche de 1)	Sérieux
E4	0,974 (très proche de 1)	Sérieux
E5	0,977 (très proche de 1)	Sérieux
E6	0,910	Modéré
E7	0,968 (très proche de 1)	Sérieux

❖ Probabilité

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

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

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

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

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

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

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

- Les dispositions de la norme IEC 61 400-1

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

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

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

❖ Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien d'Irais, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) (cf. VIII.1.5) :

Tableau 35 – Niveau d'acceptabilité vis-à-vis de la projection de pale ou de fragment de pale

PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE (ZONE DE 500 M AUTOUR DE CHAQUE EOLIENNE)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Sérieux	Acceptable

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

VIII.2.5 PROJECTION DE GLACE

❖ Zone d'effet

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

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

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

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures. 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.

❖ 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 d'Irais. d est le degré d'exposition, Zi la zone d'impact, Ze la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 54,65 m), Hm la hauteur de moyeu (Hm = 119 m) et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Tableau 36 – Niveau d'intensité de projection de morceaux de glace

PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE (DANS UN RAYON DE $R_{PG} = 1,5 \times (Hm + 2R)$ AUTOUR DE L'EOLIENNE)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = SG$ 1 m ²	$Z_e = \pi \times 1,5 \times (Hm + 2R)^2$ 245 613,91 m ²	$d = Z_i / Z_e$ $4,1 \times 10^{-4}$ (< 1 %)	Exposition modérée

❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

- 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 qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.

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

Tableau 37 – Niveau de gravité lié à la projection de morceaux de glace

PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE (DANS UN RAYON DE $R_{PG} = 1,5 \times (HM+2R)$ AUTOUR DE L'EOLIENNE)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,267	Modéré
E2	0,246	Modéré
E3	0,275	Modéré
E4	0,279	Modéré
E5	0,3356	Modéré
E6	0,3806	Modéré
E7	0,2865	Modéré

❖ Probabilité

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

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

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

❖ Acceptabilité

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien d'Irais, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) (cf. VIII.1.5) :

Tableau 38 – Niveau d'acceptabilité vis-à-vis de la projection de morceaux de glace

PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE (DANS UN RAYON DE $R_{PG} = 1,5 \times (HM+2R)$ AUTOUR DE L'EOLIENNE)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable

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

VIII.3 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

VIII.3.1 TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

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

Tableau 39 – Synthèse des scénarios étudiés

SCENARIO	ZONE D'EFFET	CINETIQUE	INTENSITE	PROBABILITE	GRAVITE
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (Rayon de 171,25 m)	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ¹⁸	Modérée pour les 7 éoliennes
Chute de glace	Zone de survol (Rayon de 54,65 m)	Rapide	Exposition modérée	A (sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C)	Modérée pour les 7 éoliennes
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol (Rayon de 54,65 m)	Rapide	Exposition forte	C	Modérée pour les 7 éoliennes
Projection de pales ou de fragments de pales	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ¹⁹	Modérée pour E1 et E6
					Sérieuse pour E2, E3, E4, E5 et E7
Projection de glace	Rayon de 279,61 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modérée pour les 7 éoliennes

¹⁸ Voir paragraphe VIII.2.1

¹⁹ Voir paragraphe VIII.2.4

VIII.3.2 SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

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

Tableau 40 – Synthèse de l'acceptabilité des risques

CONSEQUENCES	CLASSE DE PROBABILITE				
	E	D	C	B	A
DESASTREUX	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
CATASTROPHIQUE	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
IMPORTANT	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
SERIEUX	Vert	Projection de pales ou de fragments de pales des éoliennes E2, E3, E4, E5 et E7	Jaune	Jaune	Rouge
MODERE	Vert	Effondrement des 7 éoliennes Projection de pales ou de fragments de pales des éoliennes E1 et E6	Chute d'élément des 7 éoliennes	Projection de glace des 7 éoliennes	Chute de glace des 7 éoliennes

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible	Vert	Acceptable
Risque faible	Jaune	Acceptable
Risque important	Rouge	Non acceptable

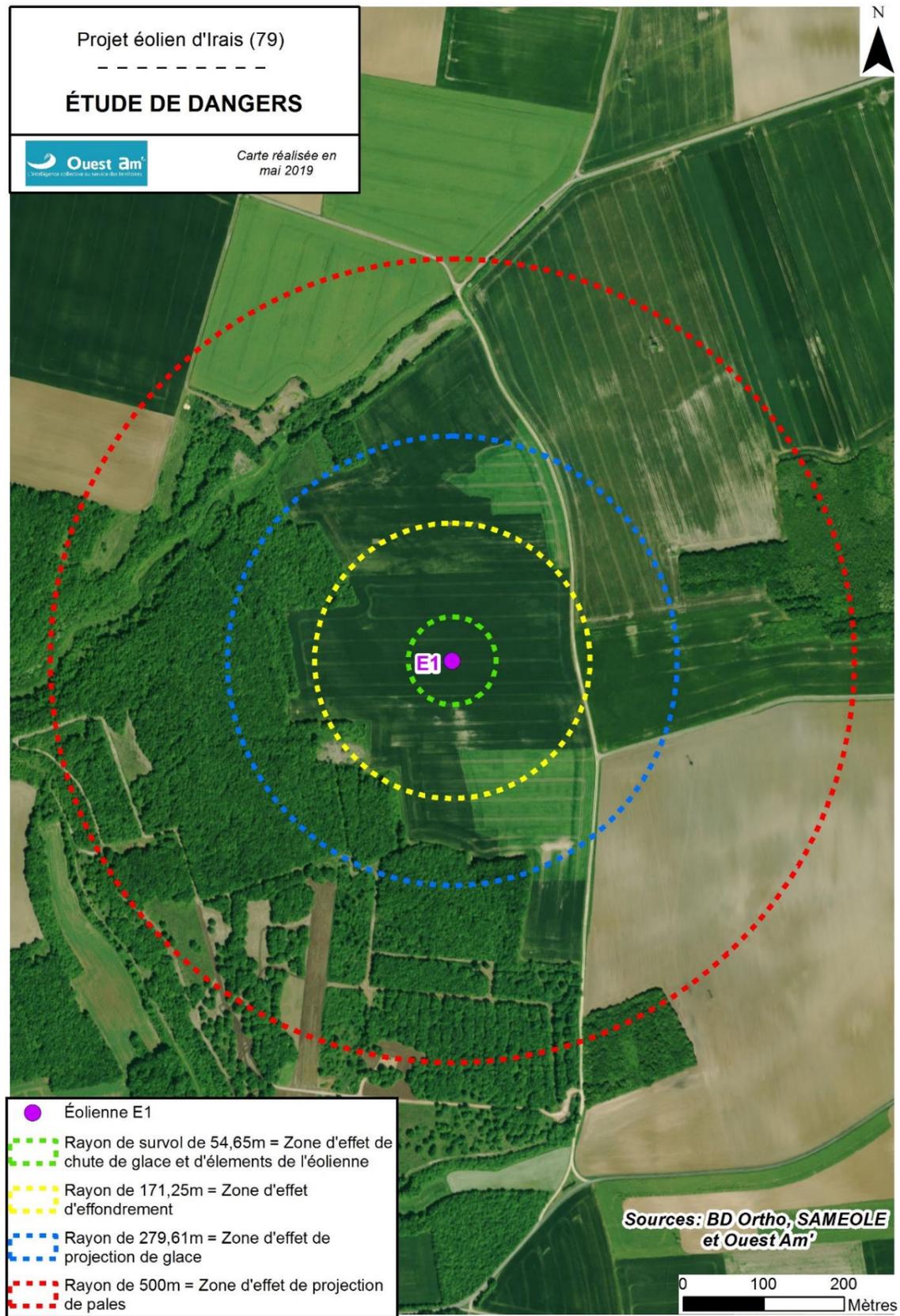
Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

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

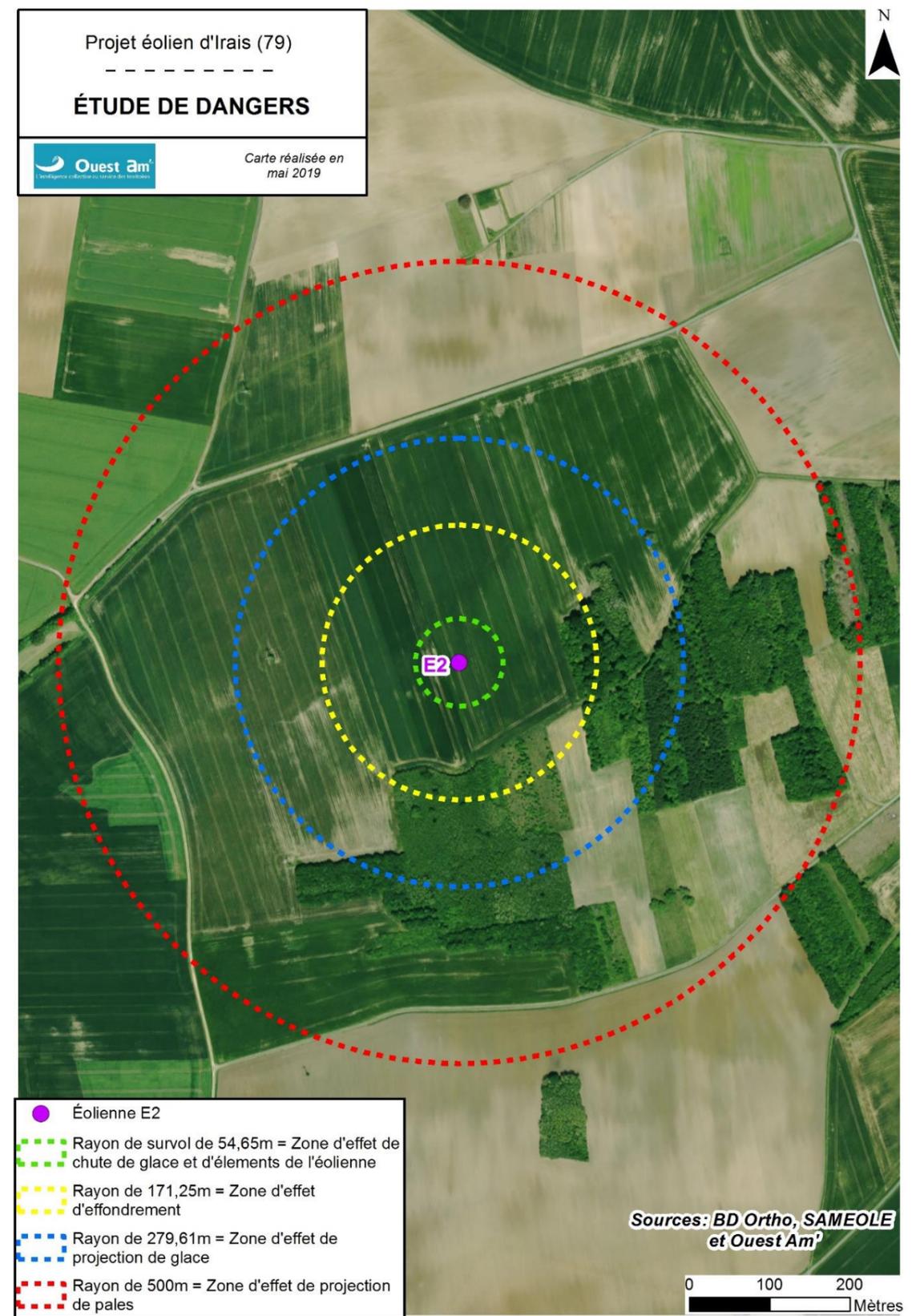
VIII.3.3 CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Les cartes de synthèse des risques ci-après (*Carte 12* à *Carte 18*) présentent, pour chaque aérogénérateur, pour les scénarios détaillés dans le tableau de synthèse :

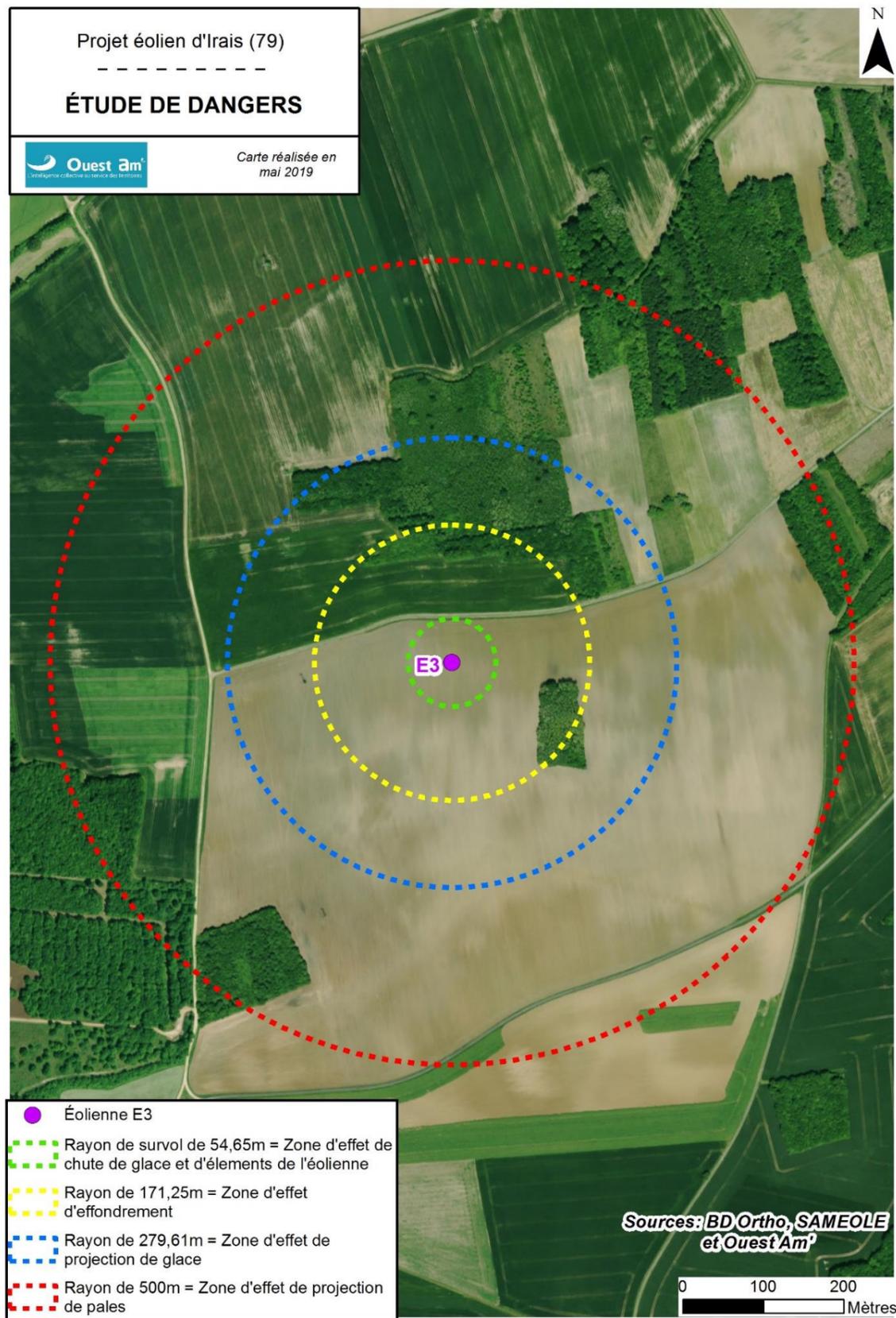
- ✓ Les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques ;
- ✓ L'intensité des différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de chaque phénomène dangereux ;
- ✓ Le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet.



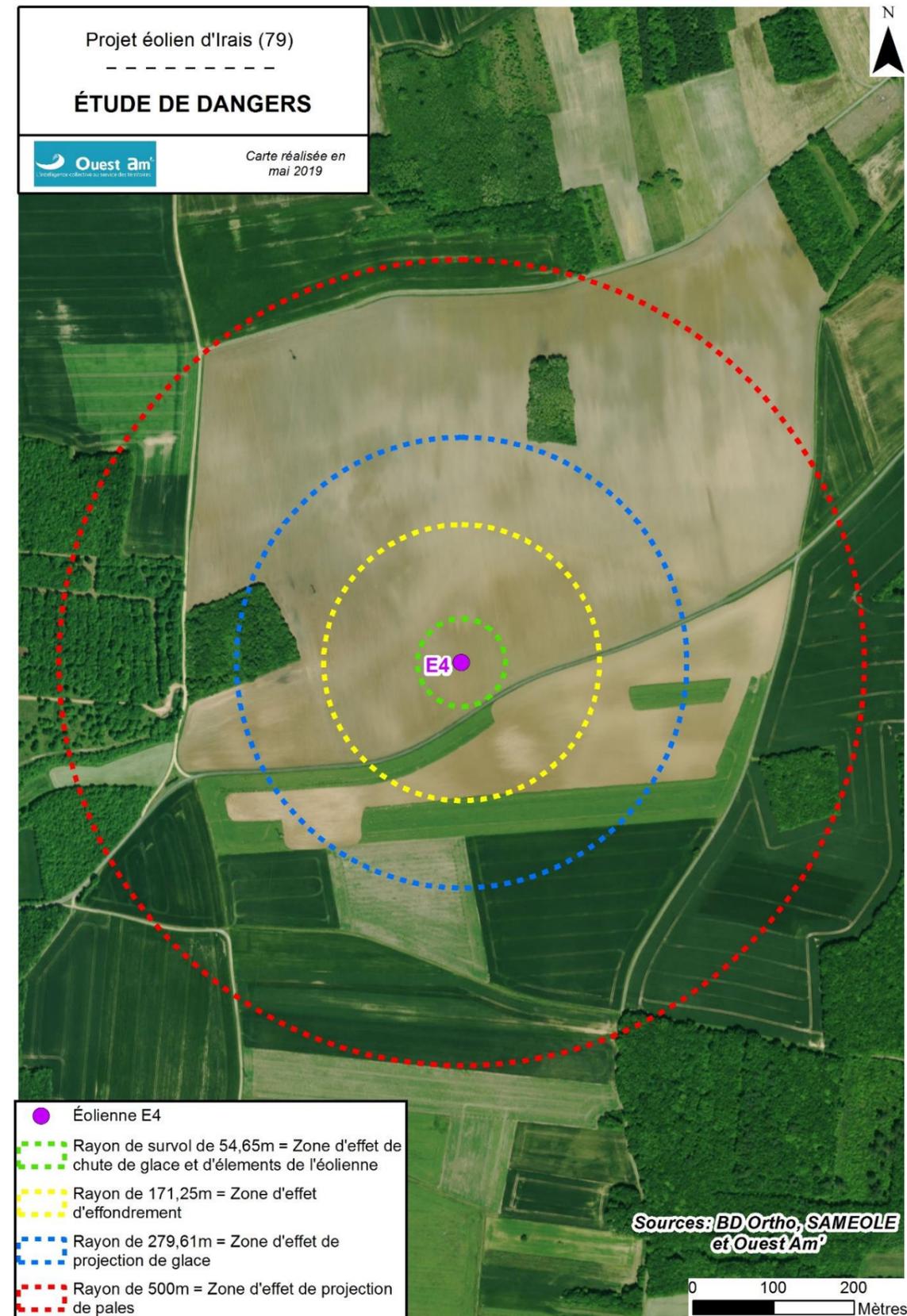
Carte 12 – Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E1



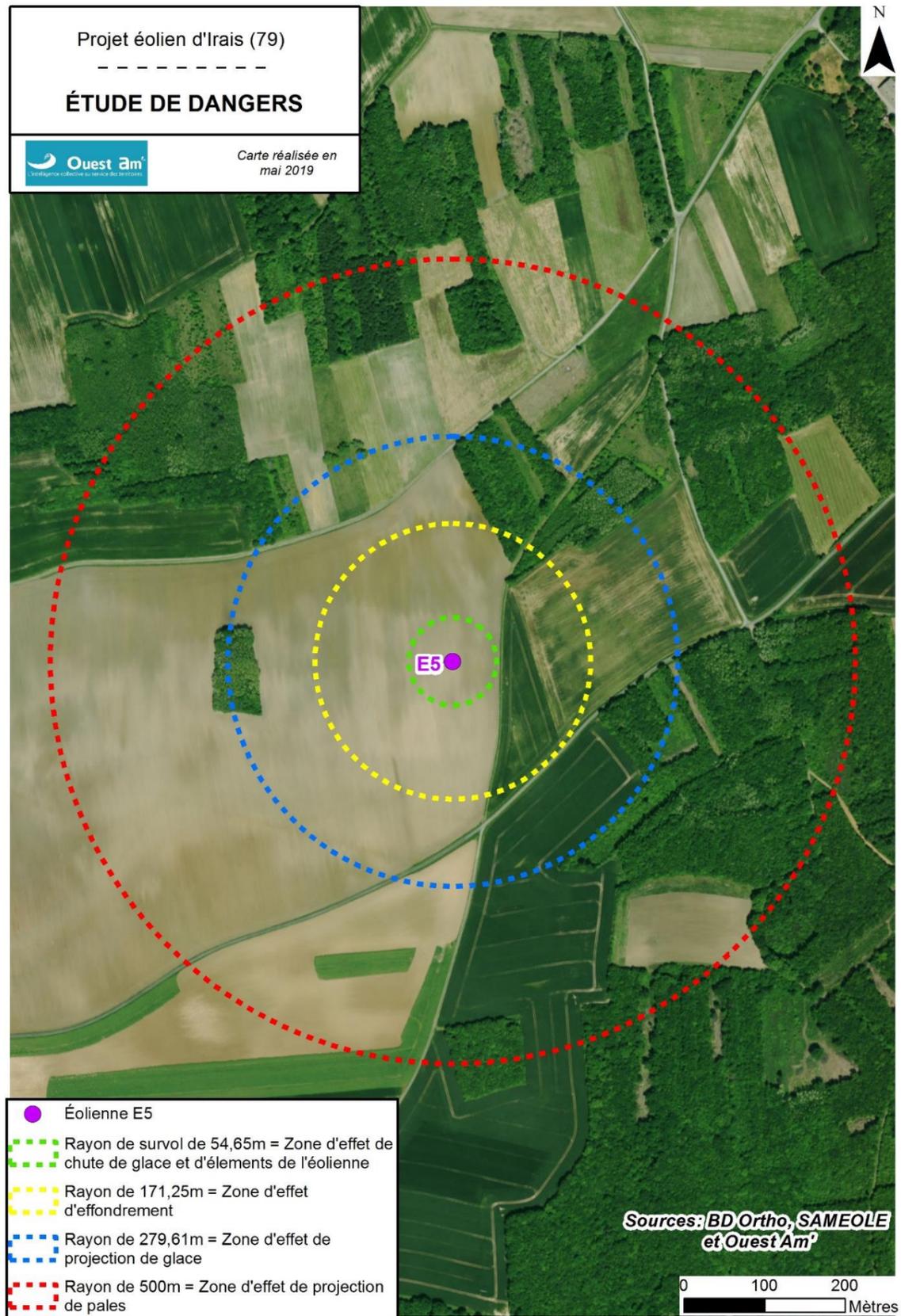
Carte 13 – Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E2



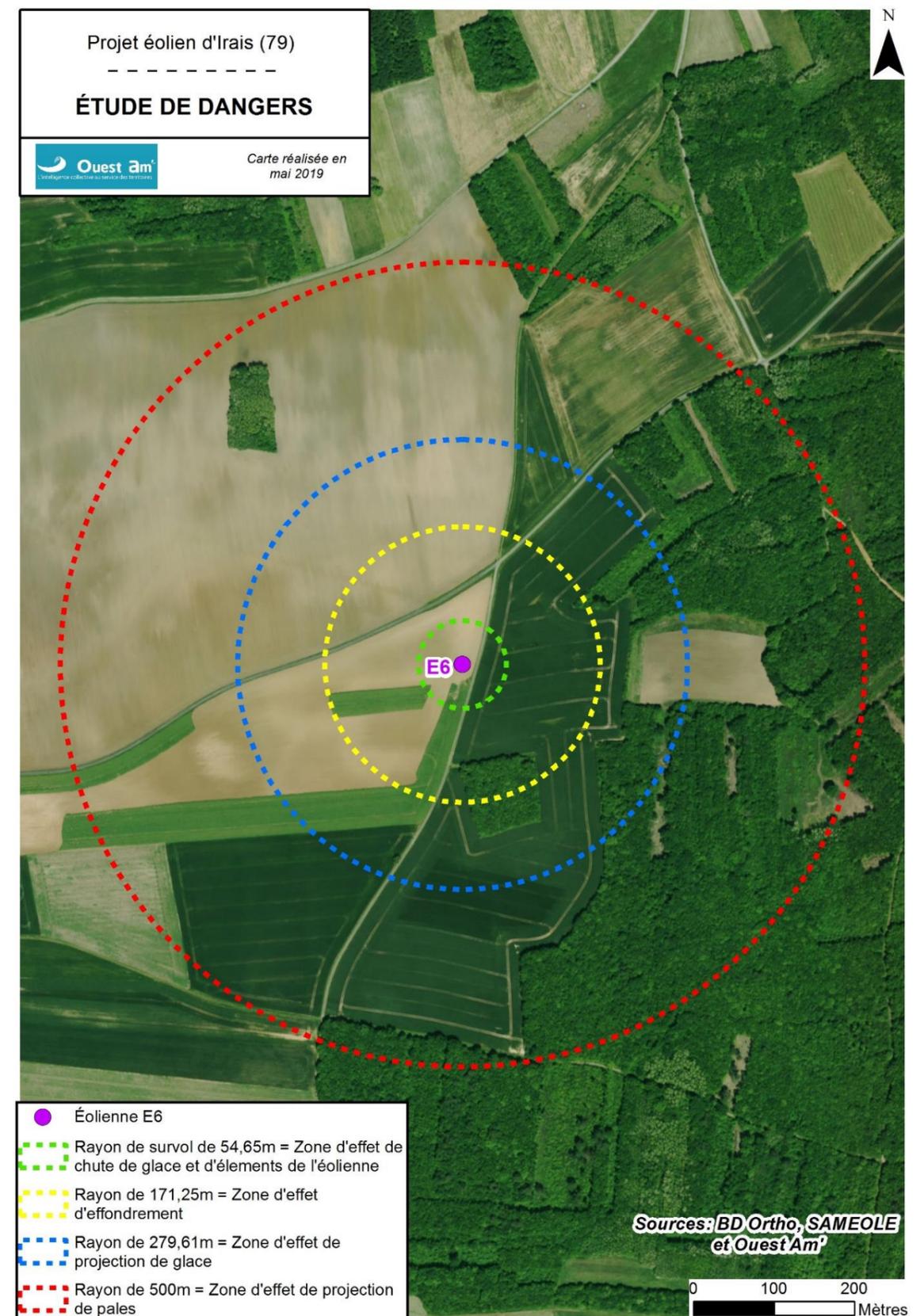
Carte 14 – Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E3



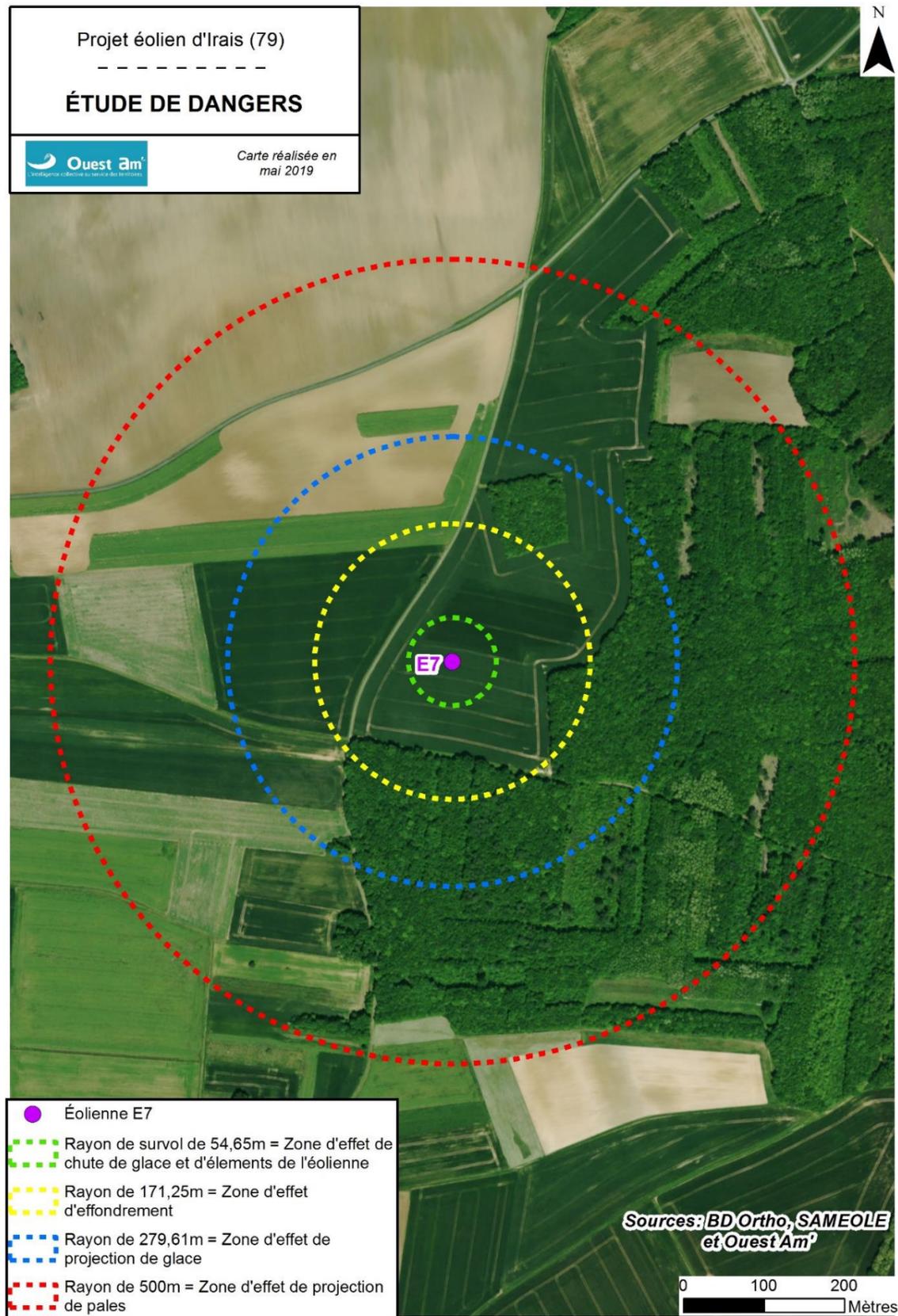
Carte 15 – Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E4



Carte 16 – Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E5



Carte 17 – Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E6



Carte 18 – Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E7

IX. CONCLUSION

Le présent document constitue l'étude de dangers du futur projet éolien d'Irais. Les installations projetées sont des installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent (éoliennes) regroupant 7 aérogénérateurs dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m.

Suite à la publication du Décret n°2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), NORDEX doit ainsi déposer auprès des services compétents un Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter au titre des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Au regard de cette nouvelle réglementation, les installations du futur parc projeté sont classées sous la rubrique ICPE 2980-1 de la nomenclature ICPE.

Le futur parc présente principalement des risques de projection d'éléments, et dans une moindre mesure, d'incendie (qui n'ont pas été modélisés compte-tenu des résultats de l'APR générique réalisée par l'INERIS dans le cadre de l'édition de son guide technique spécifique relatif à la conduite de l'étude de dangers et maîtrise des risques technologiques dans le cadre des parcs éoliens - Version de mai 2012).

Cinq accidents majeurs identifiés par l'INERIS ont fait l'objet d'une caractérisation plus approfondie. Il s'agit des accidents suivants :

- ✓ Effondrement d'une éolienne ;
- ✓ Chute d'élément d'une éolienne ;
- ✓ Chute de glace issue d'une éolienne ;
- ✓ Projection de pales ou de fragments de pale d'une éolienne ;
- ✓ Projection de glace issue d'une éolienne.

La probabilité et la gravité des accidents majeurs les plus significatifs en termes de risque sont les suivants :

- ✓ **Effondrement d'une éolienne (pour les 7 éoliennes)** : Probabilité comprise entre $10^{-5} < P \leq 10^{-4}$ correspondant à un phénomène « Rare²⁰ » / Gravité modérée pour les 7 éoliennes avec présence humaine exposée inférieure à 1 personne dans la zone d'effet ;
- ✓ **Chute de glace (pour les 7 éoliennes)** : Probabilité supérieure à 10^{-2} correspondant à un phénomène "Courant²¹" / Gravité modérée pour les 7 éoliennes avec présence humaine exposée inférieure à 1 personne dans la zone d'effet ;
- ✓ **Projection de pales ou de fragments de pale (pour les 3 éoliennes)** : Probabilité comprise entre $10^{-5} < P \leq 10^{-4}$ correspondant à un phénomène « Rare²² » / Gravité sérieuse pour E2, E3, E4, E5 et E7 avec présence humaine exposée d'au plus 1 personne dans la zone d'effet, modérée pour E1 et E6 ;
- ✓ **Chute d'élément de l'éolienne (pour les 7 éoliennes)** : Probabilité comprise entre 10^{-4} et 10^{-3} correspondant à un phénomène "Improbable²³" / Gravité modérée avec présence humaine exposée inférieure à 1 personne dans la zone d'effet.
- ✓ **Projection de glace (pour les 7 éoliennes)** : Probabilité comprise entre $10^{-3} < P \leq 10^{-2}$ correspondant à un phénomène « Probable²⁴ » / Gravité modérée avec présence humaine exposée inférieure à 1 personne dans la zone d'effet.

Le positionnement des accidents potentiels de chacun des phénomènes dangereux étudiés a été réalisé dans la matrice de criticité de synthèse, fondée sur la grille Mesure Maîtrise des Risques annexée à la circulaire abrogée du 29 septembre 2005 (relative aux critères d'appréciation de la démarche de maîtrise des risques d'accidents susceptibles de survenir dans les établissements dits "SEVESO", visés par l'arrêté du 10 mai 2000 modifié).

Ce positionnement a été réalisé afin de conclure à l'acceptabilité (ou non) du risque généré par le parc éolien d'Irais. Il apparaît :

- ✓ Qu'aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice (associées à un risque inacceptable) ;
- ✓ Qu'un accident figure en case jaune (Chute de glace des 7 éoliennes). Pour ces accidents, il convient de souligner que des fonctions de sécurité (de type prévention, protection et intervention) sont mises en place. En particulier, la maintenance, la surveillance des installations, la formation du personnel ainsi que les procédures de sécurité, d'entretien et de travail sont des éléments essentiels de la sécurité et du bon fonctionnement du parc éolien.

Le risque généré par le futur parc est donc acceptable car le risque associé à chaque événement redouté central étudié, quelle que soit l'éolienne considérée, est acceptable.

Aussi, de façon globale, les risques d'accidents majeurs liés aux activités sur le futur parc éolien peuvent être considérés comme maîtrisés et aucun plan d'action particulier n'est à prévoir.

²⁰ S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.

²¹ 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

²² S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.

²³ Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité

²⁴ S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.

Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

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

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

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

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

TERRAINS NON BATIS

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

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

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

VOIES DE CIRCULATION

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

VOIES DE CIRCULATION AUTOMOBILES

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

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

VOIES FERROVIAIRES

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

VOIES NAVIGABLES

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

CHEMINS ET VOIES PIETONNES

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

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

LOGEMENTS

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

ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

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

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

– compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse et coiffeur) ;

– compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes et bureaux de poste.

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

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

ZONES D'ACTIVITE

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

ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Il a été complété avec les données plus récentes (Base de données ARIA notamment). Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et 2019. L'analyse de ces données est présentée dans la partie VI. de la trame type de l'étude de dangers.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Dpt.	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Détails du parc	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident
Effondrement	01/11/2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	4 x 500 kW construit en septembre 1993 et 1 x 200 kW construit en 1991 Constructeur : NA	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
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	ND	Bris de pales en bois (avec inserts)	ND
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	1 x 400kW Constructeur : Turbowinds	Bris d'hélice et mât plié	Tempête
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle - Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	15 x G47 660 Constructeur : Gamesa Eolica	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour caractériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	3 x G52 850 Constructeur : Gamesa Eolica	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	10 x WM43/750 Constructeur : Windmaster	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	10 x WM43/750 Constructeur : Windmaster	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100m.	Dysfonctionnement du système de freinage
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	4 x 750kW Constructeur : Lagerwey	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 kms.	Tempête
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	9 x 300 kW Constructeur : Lagerwey	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)
Rupture de pale	22/06/2004 et 08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	W828/300 Constructeur : Windmaster	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)
Rupture de pale	2004	Escalles-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	ND	Bris de trois pales	ND
Rupture de pale	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	23 x J48/750 Constructeur : Jeumont Industrie	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
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	1 x 400 kW Constructeur : Turbowinds	Bris de pale	ND
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	5 x W828/300 Constructeur : Windmaster	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
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	8 x G47 660 Constructeur : Gamesa	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

Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	1 x LW750-52 Constructeur : Lagerwey	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137 km/h)
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	7 x GE 1.5sl Constructeur : GE Energy	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance
Rupture de pale	mars-07	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	5 x V47 660 Constructeur : Vestas	Rupture d'un morceau de pale de 4m et éjection à plus de 200m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	8 x SWT 1.3-62 Constructeur : Siemens	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.
Emballement	mars-08	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	4 x WM28 300 Constructeur : Windmaster	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)
Collision avion	avr-08	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	5 x E66/2000 Constructeur : Enercon	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	6 x G90 Constructeur : Gamesa	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	6 x G80/2000 Constructeur : Gamesa	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	6 x G90 Constructeur : Gamesa	Chute de pale	ND
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	4 x 2,75 MW Constructeur : NegMicon	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	3 x N90/2300 Constructeur : Nordex	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	6x G80/2000 Constructeur : Gamesa	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	5 x V80/2000 Constructeur : Vestas	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	2 x B23/150 Constructeur : Bonus	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	V25 Constructeur : Vestas	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	J48/750 Constructeur : Jeumont Industrie	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	4 x E70 Constructeur : Enercon	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.	ND
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	ND	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé	ND
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	ND	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m	Foudre
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	ND	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier.	Malveillance / incendie criminel

								Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	ND	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne)	
Chute d'une pale	11/04/2012	Sigean	Aude	0,66	2000	Non	ND	Projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m	Impact de foudre
Rupture de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	2	2008	Oui	ND	Décrochage d'une pale et chute au pied de l'éolienne	Corrosion anormale
Effondrement	30/05/2012	Port-la-Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	ND	Effondrement d'une éolienne	Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut
Projection	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5	2011	Oui	ND	Élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât dans une parcelle clôturée.	Recherche de cause par l'exploitant
Incendie	05/11/2012	Sigean	Aude	0,66	2000	Non	ND	Le feu s'est déclaré en partie basse de l'éolienne (transformateur ou armoire basse tension). Les flammes ont ensuite atteint la nacelle à l'intérieur du mât. 80 m ² de garrigue environnante	Incendie
Chute de pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	2,3	2006	Oui	ND	Pale tombée au pied de l'éolienne - rotation automatiquement stoppée du fait d'un "défaut vibration"	Défaut de conception
Incendie	14/03/2013	Fère-Champenoise-Euvy-Corroy	Marne	2,5	2011	Oui	ND	Départ de feu du rotor	Défaillance électrique
Rupture de pale	20/06/2013	La Bastide-sur-Besorgues	Ardèche	0,9	2009	Oui	ND	Pale déchirée sur 6 m de longueur	Foudre
Projection d'élément	01/07/2013	Cambon et Salvergues	Hérault	29,9	2006	Oui	ND	Opérateur blessé par la projection d'une partie amovible sur laquelle il intervient.	Défaut de conception
Épandage de produit chimique	03/08/2013	Moréac	Morbihan	2	2010	Oui	ND	Pollution du sol par le produit. Excavation et envoi de la terre souillée en filière spécialisée	
Incendie	09/01/2014	Vents de Thiérache 2	Ardennes	2,5	2013	Oui	ND	Départ de feu dans les nacelles	
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	0,66	2000	Non	ND	Pale tombée au pied de l'éolienne - rotation automatiquement stoppée du fait d'un « défaut vibration ».	Défaut de conception
Rupture de pale	14/11/2014	Sources de la Loire	Ardèche	2,05	2011	Oui	ND	L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m.	Foudre
Rupture de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	1,3	2006	Oui	ND	L'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Elle est retrouvée	
Feu d'éolienne	29/01/2015	Rémigny-Ly-Fontaine	Aisne	2,3	mars-15	Oui	ND	Les dommages matériels sont estimés à 150 k€. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés.	Défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance qui 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.
Feu d'éolienne	06/02/2015	La Tourette	Deux-Sèvres	2	avr-11	Oui	ND	Un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Éolienne hors service le temps des réparations	
Feu d'éolienne	24/08/2015	Le Champ Besnard	Eure-et-Loir	10	févr-07	Oui	ND	Feu déclaré sur la nacelle	
Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne	07/02/2016	Cornilhac-Corbières	Aude	2,3	2014	Oui	ND	L'aérofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol	Un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérofrein.
Chute d'une pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	1,2	1999	Non	ND	Une pale chute au sol, une autre se déchire.	Tempête avec vents à 160 km/h
Chute d'une pale	07/03/2016	Calanhel	Côtes-d'Armor	0,8	2009	Oui	ND	Une pale chute au sol, le mât est endommagé dans sa partie haute, sans présenter de risque de chute	Défaillance du système d'orientation de la pale
Fuite d'huile dans une éolienne	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loir	2,3	2005	Oui	ND	Écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne
Feu d'éolienne	10/08/2016	Hescamps	Somme	1	2008	Oui	ND	Un feu se déclare au niveau du rotor	Défaillance électrique
Feu d'éolienne	18/08/2016	Dargies	Oise	2	2014	Oui	ND	Une fumée s'échappe de la tête de l'éolienne	Défaillance électrique. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ

Fissure sur une pale	11/01/2017	Le Quesnoy	Nord				ND	Fissure constatée sur une pale	Inconnu
Rupture de pale	12/01/2017	Tuchan	Aude	0,6	2002		ND	Chute des trois pales d'une éolienne	Vents forts (25 m/s) provoquant la rupture des pales à cause d'une vitesse excessive. Le frein mécanique était inopérant pour cause de maintenance
Chute d'une pale	18/01/2017	Nurlu	Somme	2	2010	Oui	ND	Chute d'une pale d'éolienne	Tempête
Rupture d'une pale	27/02/2017	Lavallée	Meuse	8	2011	Oui	ND	Rupture de la pointe d'une pale	Orage violent, rafale de vent
Chute d'un élément d'une pale	27/02/2017	Trayes	Deux-Sèvres	2	2011	Oui	ND	Plusieurs fragments de pale projetés jusqu'à 150 m du mât	Défaut de fabrication
Feu dans la nacelle	06/06/2017	Allonnes	Eure-et-Loir	3	2014	Oui	ND	Un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. Une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés	Défaut des condensateurs du boîtier électrique
Chute d'une pale	08/06/2017	Aussac-Vadalle	Charente	2	2010	Oui	ND	Une partie d'une pale d'éolienne chute au sol	Impact de foudre
Chute d'une pale	24/06/2017	Conchy-sur-Canche	Pas-de-Calais	1,67	2007	Oui	ND	Une pale se brise au niveau de sa jonction avec le rotor	Inconnu
Chute d'un aérofrein	17/07/2017	Fécamp	Seine-Maritime	0,9	2006	Oui	ND	Un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne	Problème de montage ou vibrations en fonctionnement serait à l'origine du desserrage d'une vis anti-rotation, qui a provoqué la chute de l'aérofrein
Fuite d'huile	24/07/2017	Mauron	Morbihan	2	2008	Oui	ND	Une fuite d'huile est détectée	La rupture d'un flexible du circuit hydraulique de l'aérogénérateur
Bris d'une pale	05/08/2017	Priez	Aisne	2	ND	ND	ND	Une pale d'éolienne se brise en son milieu	Inconnu
Chute du carénage de la pointe de la nacelle	08/11/2017	Roman	Eure	2	2010	Oui	ND	Le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol	Défaut d'assemblage de ses boulonnages
Chute d'une éolienne	01/01/2018	Bouin	Vendée	2,5	2003	ND	ND	Chute d'une éolienne, brisée à sa base	Rafale de vent
Bris d'une pale	04/01/2018	Nixéville-Blercourt	Meuse	2	2008	Oui	ND	L'extrémité d'une pale se rompt, lors d'un épisode venteux. Un morceau de 20 m chute au sol. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. Un gardiennage est mis en place 24 h/24.	Rafale de vent
Chute d'un élément d'une pale	06/02/2018	Conilhac-Corbières	Aude	2,3	2014	Oui	ND	L'aérofrein d'une pale d'éolienne chute au sol dans un parc éolien	/
Bris d'une pale	10/04/2018	Lou Pioch	Hérault	1,67	2006	Oui	ND	Une pale se rompt, lors d'un épisode venteux	Rafale de vent
Incendies criminels dans un parc éolien	01/06/2018	Marsanne	Drôme	ND	ND	ND	Parc composé de 8 aérogénérateurs	Un feu s'est déclaré au pied d'une éolienne. L'incendie s'est propagé jusqu'à sa nacelle qui est entièrement brûlée ainsi que la base des pales. Une deuxième éolienne fait également l'objet d'un départ de feu, mais celui-ci est resté confiné à sa base.	Acte de malveillance
Incendie d'éolienne	05/06/2018	Aumelas	Hérault	ND	ND	ND	ND	Un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne de 70 m de haut. La nacelle de l'aérogénérateur est presque totalement détruite. 50m ² de végétation ont brûlé	Panne
Chute des extrémités de deux pales d'une éolienne	04/07/2018	Port-la-Nouvelle	Aude	ND	ND	ND	ND	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	ND
Incendie d'éolienne propagé à la végétation	28/09/2018	Sauveterre	Gard	ND	ND	ND	ND	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne dans un parc éolien (4 aérogénérateurs). Des éléments enflammés chutent au sol. Le feu se propage à la végétation voisine. La nacelle, les pales et des armoires de commande en pied de mât sont détruits. 2,5 ha de végétation, essentiellement une plantation de résineux, ont brûlé.	Acte de malveillance
Fuite d'huile hydraulique sur une éolienne	17/10/2018	Flers-sur-Noye	Somme	ND	ND	ND	ND	Un technicien de maintenance détecte une fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne. L'exploitant du parc éolien estime que 50 l ont été perdus. Sous l'effet du vent, la zone impactée est d'environ 2 000 m ² .	Mauvaise réalisation d'une activité de maintenance annuelle préventive
Effondrement d'une éolienne	06/11/2018	Guigneville	Loiret	3 MW	ND	ND	Parc éolien composé de 2 aérogénérateurs (3 MW)	Une éolienne, d'une hauteur en bout de pale de 140 m, s'effondre dans un parc éolien composé de 2 aérogénérateurs (3 MW). L'exploitant arrête les autres éoliennes de même type, dans 5 parcs éoliens. Un balisage	Sur-vitesse de rotation des pales

								et une surveillance sont mis en place. L'équipement est expertisé	
Chute de 3 aérofreins dans un parc éolien	18/11/2018	Conilhac-Corbières	Aude	ND	ND	ND	ND	Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât. Les débris, contenus dans un rayon de 150 m au pied du mât, sont ramassés et stockés avant traitement et recyclage en filaire agréée.	ND
Chute d'une pale d'éolienne	19/11/2018	Ollezy	Aisne	ND	ND	ND	Parc composé de 9 aérogénérateurs	Un agent de surveillance d'un parc éolien constate la rupture d'une pale d'une éolienne. Des 40 m de l'équipement, les 30 derniers sont tombés au sol. Le site est placé sous surveillance.	ND

ANNEXE 3 – 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).

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIES A LA GLACE (G01 ET G02)

SCENARIO G01

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

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

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

SCENARIO G02

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

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

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'INCENDIE (I01 A I07)

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

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

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

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

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

- Concernant le défaut de conception et fabrication : Contrôle qualité
- Concernant le non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant, Contrôle qualité (inspections)

- Concernant les causes externes dues à l'environnement : Mise en place de solutions techniques visant à réduire l'impact. Suivant les constructeurs, certains dispositifs sont de série ou en option. Le choix des options est effectué par l'exploitant en fonction des caractéristiques du site.

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

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

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

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

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

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

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

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

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE FUITES (F01 A 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, ...).

SCENARIO F01

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

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

- Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance
- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- Procédure de gestion des situations d'urgence

Deux événements peuvent être aggravants :

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

SCENARIO F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE CHUTE D'ÉLÉMENTS (C01 A 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.

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES (P01 A P06)

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

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

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

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

SCENARIO 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.

SCENARIO 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, emballlement de l'éolienne

SCENARIOS 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.

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'EFFONDREMENT DES ÉOLIENNES (E01 A E10)

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

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

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

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

ANNEXE 4 – PROBABILITE D’ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ANNEXE 5 –GLOSSAIRE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;
2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

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

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

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

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

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

Scénario d'accident (majeur) : Enchaînement d'événements conduisant d'un événement initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de l'analyse de risque. En général, plusieurs 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 risques utilisées et des éléments disponibles.

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

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

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

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

Enfin, quelques sigles utiles employés dans le présent guide sont listés et explicités ci-dessous :

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

ANNEXE 5 – 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 Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005